

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та
екології**

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістр

**на тему: «Формування комплексної системи відновлення техногенно
забруднених агроценозів на локальному рівні»**

**Виконав: здобувач вищої освіти
СВО Магістр за
ОПП Агрокологія
спеціальності 101 – Екологія
Михайлик Сергій Васильович**

**Керівник: Галицька М.А., кандидат
сільськогосподарських наук, доцент
Рецензент: Міленко Ольга Григорівна,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент**

Полтава – 2024 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут агротехнологій, селекції та екології
Кафедра екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля
Освітня програма Агроекологія
Спеціальність 101 Екологія
Рівень вищої освіти магістерський

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Павло ПИСАРЕНКО
«__» «_____» 202 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Михайлику Сергію Васильовичу

1. Тема роботи

Формування комплексної системи відновлення техногенно забруднених агроценозів на локальному рівні

керівник роботи:

кандидат сільськогосподарських наук Галицька Марина Анатоліївна

затверджено наказом вищого навчального закладу

від «__» _____ 20__ року №__

2. Строк подання здобувачем роботи

«__» _____ 20__ р.

3. Вихідні дані до роботи

Дані щодо стану звалищ ТПВ на території Полтавської області

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз стану звалищ ТПВ на території Полтавської області, розробка рекомендацій для формування ефективної сфери поводження з ТПВ, система відновлення забруднених агроценозів, фіторемедіація забруднених ґрунтів, фітотоксичність забруднених агроценозів

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна ефективність	За потреби		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1.	Огляд літературних джерел	19.09.2023-1.11.2023
2.	Вивчення методик дослідження	1.11.2023-1.02.2024
3.	Вивчення об'єкту дослідження	1.02.2024-1.03.2024
4.	Аналіз сфери поводження з ТПВ на території Полтавської області	1.02.2024-1.06.2024
5.	Розробка інтегральної оцінки сфери поводження з ТПВ	1.06.2024-1.07.2024
6.	Оцінка сфери управління відходами на локальному рівні	1.07.2024-1.09.2024
8.	Характеристика умов проведення дослідження	1.10.2023-1.11.2023
9.	Розроблення рекомендацій щодо формування системи управління відходами	1.10.2024-1.12.2024
10.	Підготовка кваліфікаційної роботи	1.12.2024-15.12.2024

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сергій МИХАЙЛИК

Марина ГАЛИЦЬКА

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ	5
РОЗДІЛ 1 Вітчизняний та зарубіжний досвід відновлення техногенно порушених земель та мінімізації їх впливу на сільськогосподарські угіддя.....	8
РОЗДІЛ 2. Фітотоксична оцінка використання біологічних методів очистки ґрунту від важких металів на землях сільськогосподарського призначення.....	15
РОЗДІЛ 3. Фітотоксична оцінка використання біологічних методів очистки ґрунтів сільськогосподарського призначення, забруднених нафтопродуктами..	26
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ АГРОЦЕНОЗІВ НА ЛОКАЛЬНОМУ РІВНІ.....	34
ВИСНОВКИ.....	45
ЛІТЕРАТУРА.....	46

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Поверхневі накопичувачі твердих відходів, стічні води полігонів і звалищ відходів створюють екологічну та продовольчу небезпеку та погіршують якість прилеглих агроценозів. Накопичення токсичних речовин та їх міграція приводить до поступової зміни хімічного складу ґрунтів, погіршення біометричних показників сільськогосподарських культур на прилеглих територіях. Незважаючи на це, самим розповсюдженим способом поводження з відходами в багатьох країнах світу, зокрема Україні, застається захоронення. Під полігони і звалища відходів відчужуються цінні у сільськогосподарському значенні земельні ресурси, які забруднюють прилеглі сільськогосподарські угіддя та створюють екологічні ризики здоров'ю населення.

Отже, розв'язання ключових екологічних проблем для України, а саме відновлення техногенно забруднених земель звалищами ТПВ, розробка методики оцінки екологічного стану звалищ ТПВ з урахуванням їх хіміко-токсикологічних характеристик є першочерговим завданням для забезпечення екологічної, продовольчої безпеки та створення сталих агроecosystem. Недосконалість сучасних заходів щодо мінімізації впливу звалищ ТПВ на агроценози та відсутність системи ефективного моніторингу обумовили необхідність розв'язання у проекті актуального науково-практичного завдання: розроблення системи оцінки та заходів відновлення техногенно порушених земель сільськогосподарського призначення.

Метою роботи є розроблення теоретичних положень і практичних рекомендацій щодо формування системи відновлення техногенно порушених земель сільськогосподарського призначення та повернення їх у господарський обіг. Досягнення мети дослідження зумовило необхідність вивчення і розв'язання таких основних завдань:

– визначити ризики та загрози впливу техногенно порушених земель на сільськогосподарські угіддя у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки та сталого функціонування агроecosystem;

– розробити методологічні та методичні засади комплексного оцінювання впливу техногенно порушених земель під звалищами ТПВ на сільськогосподарські угіддя регіону;

– сформулювати концептуальні положення типологізації звалищ ТПВ по напрямку удосконалення системи відновлення техногенно порушених земель та мінімізації їх впливу на землі сільськогосподарського призначення.

Предметом дослідження є техногенно порушені землі сільськогосподарського призначення.

Об'єктом дослідження є процес відновлення техногенно порушених земель сільськогосподарського призначення та повернення їх у господарський обіг.

Методи дослідження. Під час проведення досліджень застосовувались як загальнонаукові методи (діалектики, експерименту, аналізу і синтезу, гіпотез), так і спеціальні: польовий, що доповнений лабораторними аналізуваннями та спостереженнями, зокрема візуальний – спостереження за ростом й розвитком рослин, вимірювально-ваговий – визначення біометричних показників рослин; хімічний – визначення екотоксикологічних показників ґрунту, фільтрату та атмосферного повітря; розрахунково-порівняльний – оцінка агроекологічної та економічної ефективності; методи математичної статистики: дисперсійний, кореляційний та регресивний аналізи.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у такому:

- розроблено методичні засади комплексної оцінки впливу техногенно порушених земель під звалищами ТПВ на сільськогосподарські угіддя, що включає: відбір пріоритетних показників за аналітичною схемою “рухомі сили – стан – реагування” та визначення їх мультифункціонального взаємозв'язку за технічним, екологічним та соціально-економічним блоками; здійснення процедури визначення порогових значень з наступною нормалізацією узагальнених індикаторів; розрахунок інтегрального показника оцінки впливу техногенно порушених земель під звалищами ТПВ на сільськогосподарські угіддя як величини «ідеального вектору» між трьома складовими; визначення рівня безпеки техногенно порушених земель

під звалищами ТПВ для сільськогосподарських угідь; алгоритм формалізації системи підтримки прийняття першочергових рішень щодо регулювання техногенного впливу на агроценози.

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

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота виконана на 51 сторінках машинописного тексту і складається із загальної характеристики, 4 розділи, висновків. Список використаної літератури налічує 55 найменувань.

РОЗДІЛ 1

Вітчизняний та зарубіжний досвід відновлення техногенно порушених земель та мінімізації їх впливу на сільськогосподарські угіддя

Ґрунтовий покрив є саморегулюючим біологічної системою, найважливішою частиною біосфери в цілому. Вплив людини на ґрунт - складова частина загального впливу людського суспільства на земну кору і її верхній шар, на природу в цілому [154; 155]. Серед безлічі техногенних факторів, які впливають на ґрунтовий покрив, особливе місце займає забруднення ґрунтів важкими металами, такими як цинк, свинець, кадмій, а також нафтопродуктами. У ґрунт важкі метали надходять в різних формах: оксиди і різні солі, як розчинні, так і практично нерозчинні в воді (сульфіди, сульфати, арсеніти). Потрапляючи на поверхню ґрунтів, метали можуть або накопичуватися, або розсіюватися в залежності від характеру геохімічних бар'єрів, властивих тій чи іншій території [156]. У зв'язку з цим особливо актуальним на сьогодні є питання очищення ґрунтів техногенно забруднених земель від важких металів.

Звалища ТПВ, побудовані без комплексу заходів, що знижують їх негативний вплив на навколишнє середовище, є значними джерелами його забруднення, у тому числі важкими металами та нафтопродуктами. Відходи, розміщені там, зазнають складні фізико-хімічні та біохімічні зміни під впливом атмосферних явищ, специфічних умов, які формуються в товщі відходів, а також в результаті взаємодії між собою. Це призводить до утворення різних сполук, в тому числі токсичних, які, мігруючи в навколишнє середовище, негативно впливають на її компоненти [157].

Універсального методу очищення ґрунтів, що зазнають забруднення від місць видалення відходів, 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 очищення забрудненої території залежить від хімічної структури забруднюючих речовин та інших характеристик [158].

Згідно літературних даних [89; 121; 156; 159-166], існуючі методи відновлення техногенно порушених земель 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 [165]. 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 важких металів в рослинах авторами [167] 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 для регулярного видалення їх надземної і підземної маси, а також спеціальних мікроорганізмів, які поглинають важкі метали та нафтопродукти і тим самим роблять їх недоступними для рослин.

Потрапляючи з ґрунту в рослини через кореневу систему, важкі метали можуть переміщуватися активно (метаболічним шляхом) або пасивно. У першому випадку поглинання і переміщення іонів металів здійснюється за системою, що складається з протопласту клітин. При пасивному транспорті іони, досягнувши поверхні кореня, потрапляють у вільний простір кореня і далі з транспіраційним рухом пересуваються по рослині. З активним транспортом по рослині пересувається частина металів, які виконують деякі біологічні функції (мідь, цинк, кобальт і ін.), а також метали, які хімічно подібні до необхідних елементів (кадмій є хімічним аналогом цинку). Проте більшість металів,

особливо ті, які не є необхідними для рослин (свинець), переміщуються за допомогою дифузії. Контактуючи з клітинними стінками та рядом мінеральних і органічних сполук, що містяться у клітинах, метали осідають і втрачають біологічну активність. У той самий час, коли відбувається забруднення ґрунту великою кількістю металів, деяка їх частина здатна обминати захисні системи рослин і токсично впливати на них [168].

Як зазначають науковці [167; 169-174] одним із ефективних способів очищення ґрунтів від важких металів 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].

в) Мікробіологічні. Все більш широкого напрямку набуває використання пробіотичних та бактеріальних препаратів для інтенсифікації процесів очистки ґрунту. Зокрема даними дослідженнями займалися: [Гвоздяк П.І.](#), [Сапура Є.В.](#), [Демчина В.П.](#), Маркін В.В., Насонкіна Н.Г., Бондаренко Ю.Г., Zhang Y., [175-179] та інші. Досліджено ефективність використання пробіотиків для очистки стічних вод [209]. 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 чи ґрунту 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 [176]. 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.

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 та нафтопродуктами, за допомогою природних і штучних сорбентів. До них відносяться цеолітові туфи (5% від маси ґрунту), вапно (1 кг/м²), торф (20 кг/м²), які повністю усувають фітотоксичність і погіршення якості продукції.

д) Хіміко-фізична «In situ» обробка ґрунту, до якої відноситься: електрокінетична обробка, яка полягає в видаленні важких металів із ґрунту за рахунок електрофорезу і електроосмосу (недоліки: висока вартість, може

успішно застосовуватися тільки для глинистих ґрунтів, насичених частково або повністю вологою; утворення небажаних продуктів); електрохімічна обробка (видалення важких металів за рахунок електролізу води, електрокоагуляції, реакцій електрохімічного окислення та електрофлотації); вітрифікація (оскльовання забруднювачів при високій температурі). Дані методи є досить ефективними з точки зору вилучення важких металів, але важко реалізованими в умовах звалищ ТПВ, адже є технологічно досить складними та дорогими (100-350 \$ на очищення 1 м² ґрунту), а також можуть приводити до вторинного забруднення ґрунтів.

е) Хіміко-фізична «Ex situ» обробка ґрунту включає: хімічну екстракцію (виділення небезпечних забруднювачів, у тому числі важких металів з ґрунту за рахунок використання хімічних препаратів, що може привести до вторинного хімічного забруднення); фізичну сепарацію (збір забруднюючих речовин здійснюється в більш дрібні концентровані обсяги, але при цьому необхідні спеціально обладнані майданчики); стабілізація (інкапсуляція або іммобілізація металів, але в реальних умовах досить складно здійснити довготривалу іммобілізацію забруднюючих речовин); пірометалургійного обробка (для даного методу ґрунт звалищ ТПВ необхідно вивозити на спеціально обладнані майданчики). Дані методи також є досить дорогими (100-350 \$ на очищення 1 м² ґрунту) та теж можуть приводити до вторинного забруднення ґрунтів.

Також деякі науковці [154; 155; 161] зазначають, 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 [1595] відзначено ефективне застосування сидератів (18-20 т, а це рівнозначно внесенню 15-17 т гною на 1 га). Також Будіна Т.Ю. [160] 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 рослинні 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 та нафтопродуктів компонентами є мікроорганізми. Забруднення важкими металами та нафтопродуктами призводить до зменшення загальної чисельності та видового різноманіття мікроорганізмів. Характер токсичної дії важких металів та нафтопродуктів 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.

Специфічною особливістю забруднення ґрунтів важкими металами є дуже низька швидкість самоочищення ґрунту. Що стосується свинцю, то його надмірний вміст у ґрунті призводить до зменшення кількості та різноманітності ґрунтових мікробіоценозів.

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 [162]. 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 дискуванні території.

Загалом досить багато вітчизняних та зарубіжних науковців [157, 160, 163-164] 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. Все більш широкого напрямку набуває використання бактеріальних препаратів для інтенсифікація процесів очистки ґрунту. Використання біопрепаратів є найбільш екологічно безпечним методом очистки, але мало дослідженим на сьогодні.

Особливо актуальним питанням є використання пробіотиків для відновлення техногенно забруднених земель. Потрібно відзначити, що при всьому комплексі методів відновлення техногенно порушених земель, що наводиться у науковій літературі, питання використання біологічних методів, зокрема пробіотичних препаратів, для очищення ґрунтів від важких металів, нафтопродуктів, мікробіологічного забруднення, є на сьогодні недостатньо вивченими. Широкому застосуванню пробіотичних препаратів для відновлення техногенно забруднених ґрунтів перешкоджає недостатня вивченість даного напрямку: відсутня наукова і науково-практична база, порівняльні дослідження різних препаратів, експериментальні дослідження тощо.

Таким чином постає необхідність у подальших дослідженнях біологічних методів, зокрема пробіотичних препаратів, для відновлення техногенно порушених земель сільськогосподарського призначення та повернення їх у господарський обіг. Це потребує обґрунтування та експериментального дослідження ефективності використання пробіотичних препаратів як інноваційних екологоорієнтованих методів очищення та відновлення техногенно забруднених ґрунтів. Вивчення даного питання дозволить удосконалити концептуальні підходи щодо реалізації еколого безпечної моделі очистки та відновлення техногенно порушених земель.

РОЗДІЛ 2

Фітотоксична оцінка використання біологічних методів очистки ґрунту від важких металів на землях сільськогосподарського призначення

Для визначення можливих шляхів ремедіації ґрунту, забрудненого важкими металами навколо звалищ ТПВ проведено низку дослідів. Для експрес-тестів фітотоксичності використано *Triticum aestivum*. Спосіб заснований на реакції дослідної культури на внесення в ґрунт різних забруднювачів. Це дозволяє виявити токсичну або стимулюючу дію тих чи інших речовин [221]. Очищення забрудненого ґрунту проводиться біологічними методами, використовуючи пробіотик *Sviteko-Agrobiotic-01* (розведення 1: 100) [224].

На першому етапі в окремі посудини висаджено в різні види ґрунтів насіння *Triticum aestivum* (по 100 шт.). Закладено чотири дослідні ділянки з трикратним повторенням:

Ia - контрольний, ділянка чистого ґрунту (еталону) та поливом чистої води (дистильованої);

Ib - ділянка чистого ґрунту та поливом води з пробіотиком *Sviteko-Agrobiotic-01* (1:100 розбавлення);

Ic - ділянка ґрунту із звалища ТПВ та поливом води без додавання пробіотику;

Id - ділянка ґрунту із звалища ТПВ та поливом води з пробіотиком *Sviteko-Agrobiotic-01* (1:100 розбавлення).

Ґрунт відібрано з території звалища твердих побутових відходів за загальноприйнятими методиками, розташованої в 750 м на південний схід від с. Макухівка, Полтавський район, Полтавська область, Україна (розділ 3.2, характеризується загрозливим станом техногенно порушених земель під звалищем ТПВ для сільськогосподарських угідь). Площа звалища становить 17,4 га, відсоток заповнення – 200 %. Місце видалення відходів невідповідне, повністю використані його можливості з прийому та знешкодженню відходів. Фільтрат накопичується з північного боку звалища ТПВ. Потенційний обсяг фільтрату, що утворюється на звалищі, становить 51975,2 м³/рік [10]. Як

встановлено у розділі 3.2 даного дослідження, вміст свинцю у відібраних пробах ґрунту даного звалища ТПВ складає 4 ГДК, ртуті - 1,7 ГДК, міді - 1,8 ГДК, цинку - 1,6 ГДК, нафтопродуктів - 3 ГДК. Для визначення фітотоксичності ґрунту користувалися шкалою Гріцаєнко Г. [201]. Дослід проводився 14 діб, після чого визначали: кількість пророслого насіння; довжину надземної частини рослини; довжину коренів та їх масу до та після висушування.

На другому етапі досліджено фітотоксичний вплив фільтрату звалища ТПВ після його очистки $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (гашеним вапном) та пробіотиком «*Sviteko-Agrobiotic-01*» (1:100 розбавлення) на всходження, ріст та кореневу систему *Triticum aestivum*. В окремі посудини висаджено у ґрунт, набраний біля звалища ТПВ, насіння *Triticum aestivum* по 100 шт. (вісім дослідних ділянок з трикратним повторенням):

2a - ділянка з поливом питною водою із с. Макухівка, Полтавського району Полтавської області (де розташоване звалище ТПВ) та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при рН 9,0;

2b - ділянка з поливом фільтратом та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при рН 8,4;

2c - ділянка з поливом фільтратом та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при рН 9,3;

2d - ділянка з поливом фільтратом та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при рН 10,0;

2e - ділянка з поливом питною водою із с. Макухівка, Полтавського району Полтавської області (де розташоване звалище) та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при рН 9,45 та пробіотика *Sviteko-Agrobiotic-01* (1:100 розбавлення).

2f - ділянка з поливом фільтратом та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при рН 8,35 і пробіотика *Sviteko-Agrobiotic-01* (1:100 розбавлення);

2g - ділянка з поливом фільтратом та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при рН 9,31 і пробіотика *Sviteko-Agrobiotic-01* (1:100 розбавлення);

2h - ділянка з поливом фільтратом та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при рН 10,0 і пробіотика *Sviteko-Agrobiotic-01* (1:100 розбавлення).

Дослід проводився 1 місяць, після чого визначалось: кількість пророслих насінин і довжина надземної частини рослини; довжина коренів та їх маса до та після висушування. Досліди повторювали тричі з трьома паралельними

постановками для кожного варіанта експериментальних і контрольних умов. Для оцінювання достовірності різниці після перевірки нормальності розподілу між статистичними характеристиками двох альтернативних сукупностей даних обраховували коефіцієнт Ст'юдента [225]. Достовірною вважали різницю за рівня значимості $P < 0,05$.

Проведене дослідження є комплексним аналізом впливу звалища ТПВ на схожість, ріст та кореневу систему висадженого насіння *Triticum aestivum* із застосуванням пробіотику *Sviteko-Agrobiotic-01* (1:100 розбавлення) на першому етапі, та додаванням пробіотику і $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при різних рН на другому.

Результати першого етапу експерименту дозволили встановити наступне. На сьомий день схожість на ділянці №1 (контрольний) становила 95 %, на ділянці № 2 (чистий ґрунт та полив води з пробіотиком) – 97 %, на ділянці № 3 (забруднений ґрунт та полив води без додавання пробіотика) – 69 %, на ділянці № 4 (забруднений ґрунт та полив води з пробіотиком) – 85 %. Дослід проводився 14 діб, після чого визначалось: кількість пророслих насінин (рис. 4.9) і довжина надземної частини рослини (рис. 2.1); довжина коренів (після сушіння, рис. 2.2) та їх маса (зважування у чашці Петрі, рис. 2.3-1.4).

Можна зробити висновок, що у ґрунті, набраному в районі звалища ТПВ, схожість пророслих рослин на 16% менша у порівнянні з еталоном, довжина наземної частини менша на 22%, середня довжина коренів менша на 44%. Маса наземної частини та маса кореневої системи рослин у ґрунті зі звалища менша на 52% та 43% відповідно.

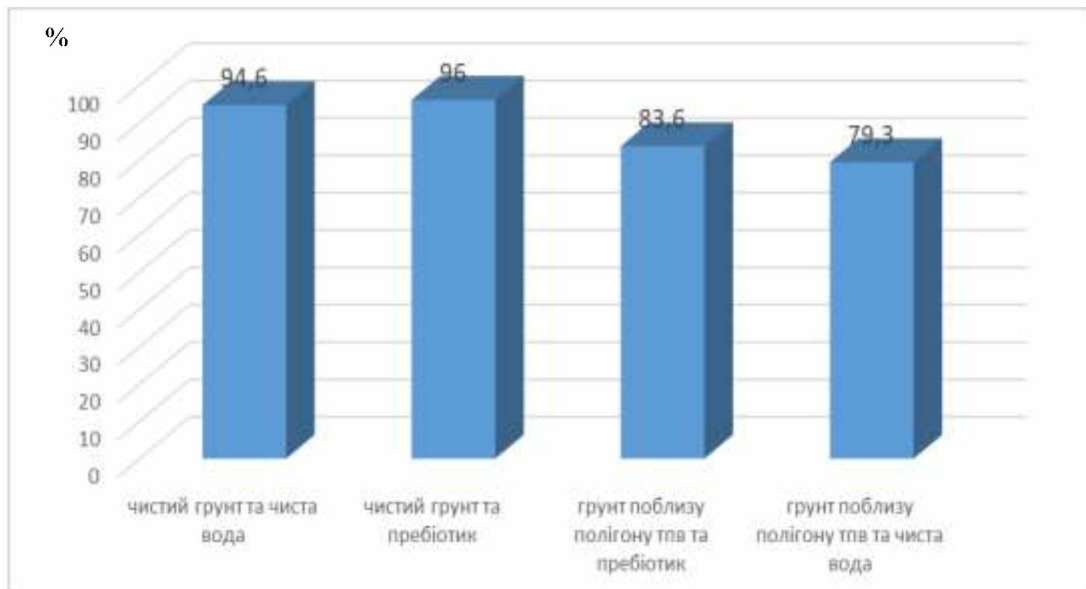


Рис. 2.1 Середня кількість пророслих насінин, %

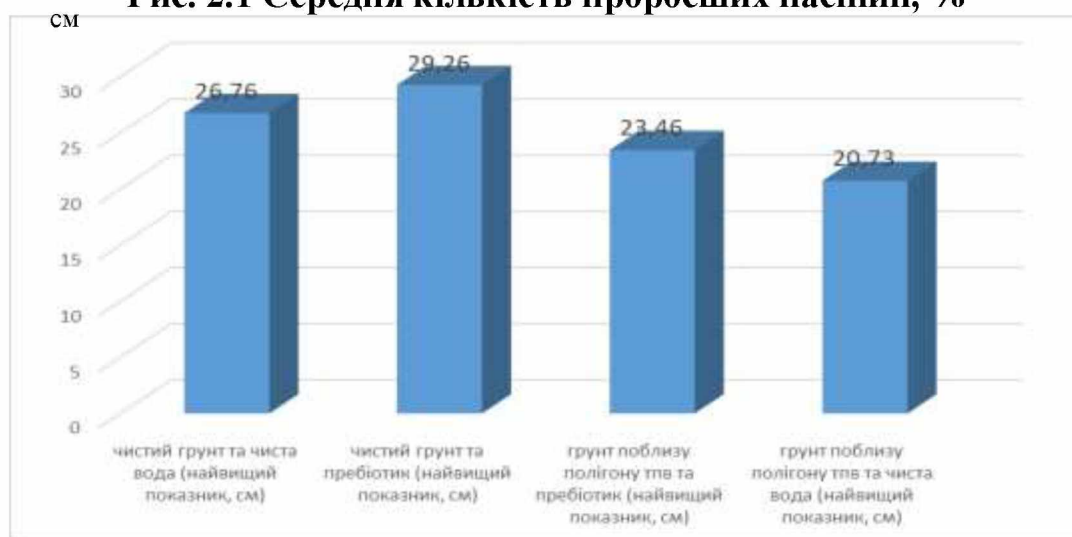


Рис. 2.2. Довжина надземної частини, см

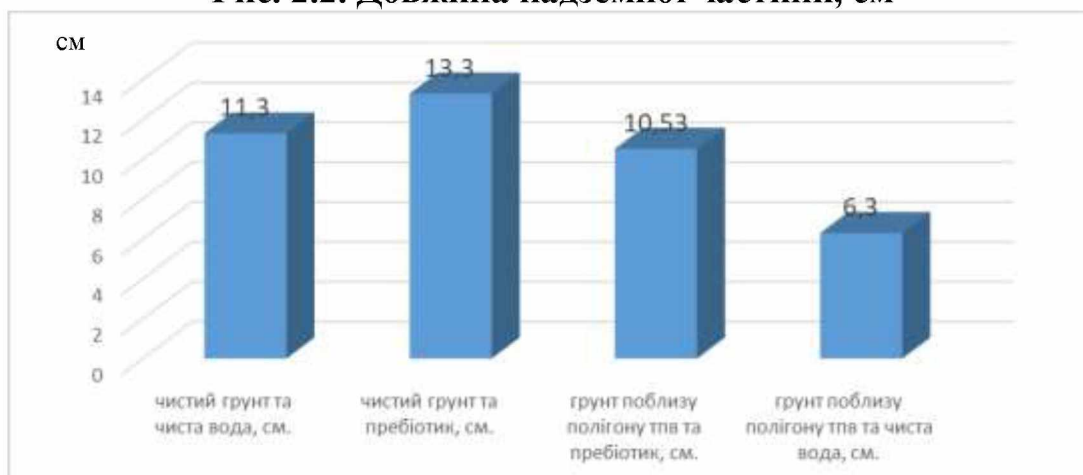


Рис. 2.3 Середня довжина коренів (після сушіння), см.

г

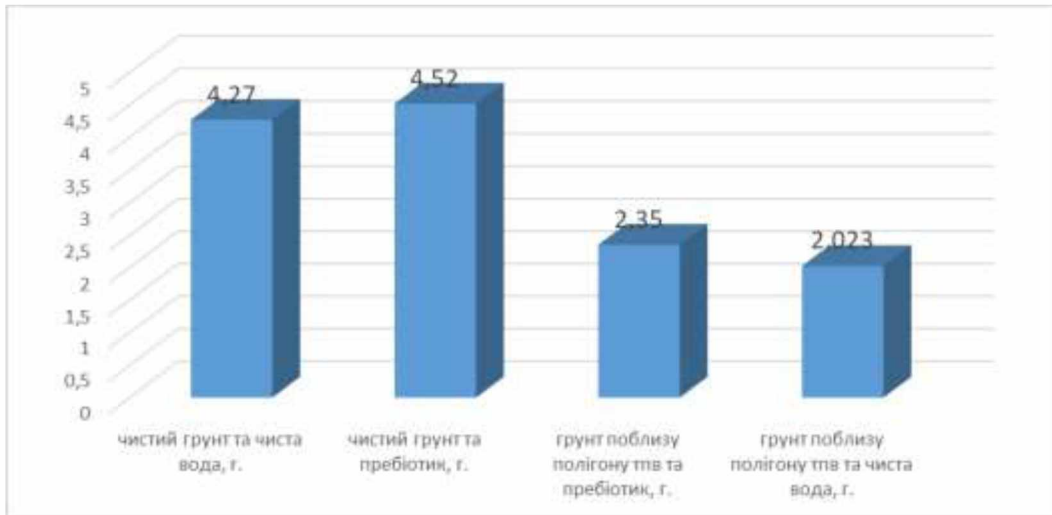


Рис. 2.4 Маса наземної частини рослин, г.

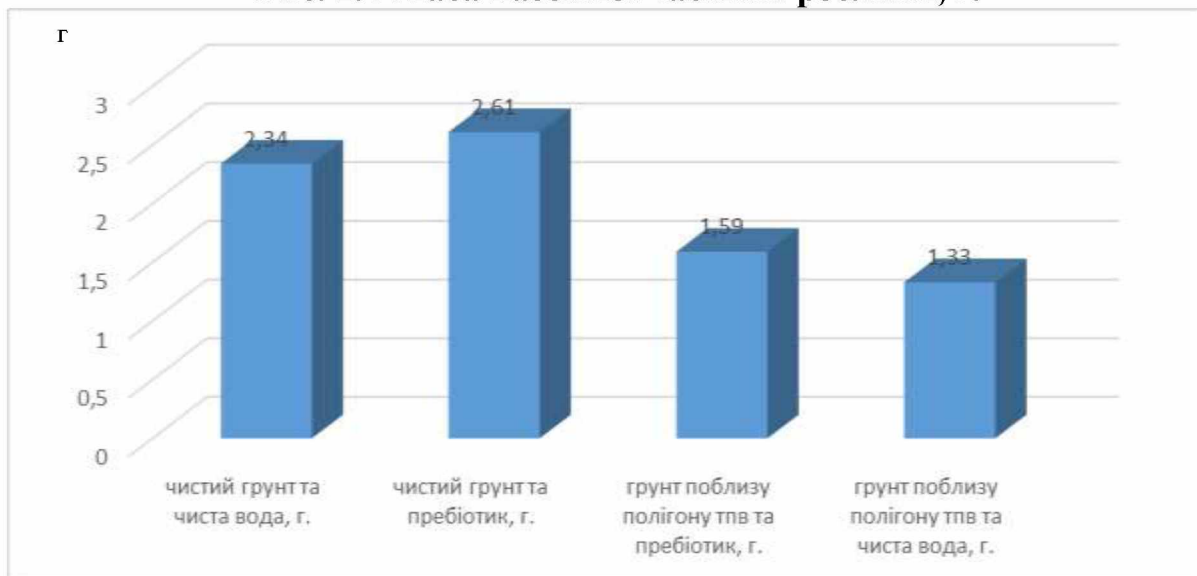


Рис. 2.5. Маса кореневої системи рослин, г.

При додаванні пробіотика у еталонний та забруднений ґрунт отримано наступні результати:

- у еталонному ґрунті при додаванні пробіотика схожість пророслих рослин на 1,5% краща, у ґрунті зі звалища на 5,2% відповідно;
- довжина наземної частини у еталонному ґрунті при додаванні пробіотика на 9,4% більша, у ґрунті зі звалища на 11,6% відповідно;
- середня довжина коренів у еталонному ґрунті при додаванні пробіотика на 11,7% більша, у ґрунті зі звалища на 40,2% відповідно;
- маса наземної частини та маса кореневої системи рослин у еталонному ґрунті при додаванні пробіотика більша на 5,6% та 11,5%, у ґрунті зі звалища на 14% та 16,5% відповідно (табл. 2.1).

На основі проведеного експерименту здійснено розрахунок фітотоксичності ґрунту, щодо довжини та маси кореневої і наземної частини рослини (таблиця 2.2).

Таблиця 2.1

Вплив забруднень техногенно забруднених територій на біометричні показники *Triticum aestivum*

Ділянка	Частка пророщеного насіння, % (середній показник)	Довжина сходів, см (середній показник)	Середня довжина коренів, см.	Вага наземної частини, г.	Вага кореневої системи, г.
1a	94.9	26.76	11.32	4.27	2.34
1b	98.0	29.26	13.30	4.52	2.61
1c	69.2	20.73	6.31	2.03	1.33
1d	85.4	23.46	10.53	2.87	1.69

Таблиця 2.2

Результати оцінювання фітотоксичного ефекту ґрунту звалища ТПВ на основі вирощування рослин *Triticum aestivum*

Зразки	Рівні пригніченості ростових процесів (фітотоксичний ефект, %)			
	По довжині наземної частини	По середній довжині коренів	По масі наземної частини рослини	По масі кореневої системи рослини
Ділянка 3 (ґрунт зі звалища ТПВ)	22,53 Середня токсичність	44,3 Вища за середню токсичність	52,6 Вища за середню токсичність	43,16 Вища за середню токсичність
Ділянка 4 (ґрунт зі звалища ТПВ з додаванням пребіотика)	12,3 Відсутня (слабка) токсичність	6,8 Відсутня (слабка) токсичність	44,9 Вища за середню токсичність	32,1 Середня

Таким чином, використання пробіотиків дозволяє значно покращити якість ґрунту та знизити його фітотоксичність, зокрема якщо вплив на кореневу систему забрудненого ґрунту характеризувався як вище за середнє значення токсичності, то після використання пробіотиків як відсутня (слабка) токсичність по довжині

коренів та середня токсичність по масі коренів (рис. 2.6). Проведене дослідження дозволяє зробити припущення про більш повну очистку ґрунту від важких металів при більш тривалій його очистці.

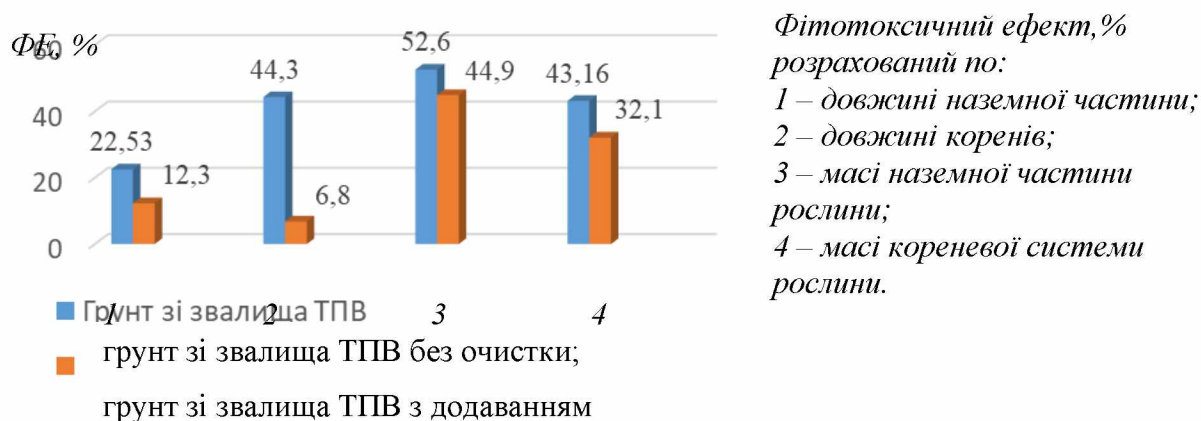


Рис. 2.6. Рівні пригніченості ростових процесів рослин *Triticum aestivum* у забрудненому та очищеному пробіотиком ґрунті зі звалища ТПВ (фітотоксичний ефект, %)

На другому етапі досліджено фітотоксичний вплив фільтрату звалища твердих побутових відходів, після його очищення $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та пробіотиком *Sviteko-Agrobiotic-01* (1:100 розведення), на сході, ріст і кореневу систему *Triticum aestivum* (табл. 2.3).

Доведено, що при додаванні $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та пробіотику *Sviteko-Agrobiotic-01* при рН 10 досягається максимальне очищення стічних вод звалища твердих побутових відходів. Зокрема встановлено (табл. 2.4):

- по відсотку пророслого насіння: схожість рослин становила 98,3 % порівняно з контрольним зразком (чистим ґрунтом, відсоток пророслого насіння прийнятий за 100 %), тоді як просте вапнування при різних рН дає 85,9–94,0 %, без очищення – 72,0 %; додавання лише одного пробіотику – 89,0 %, пробіотику і вапна при інших рН – 88,0–95,0 % схожість насіння;

- по відносній довжині проростання надземної частини: 83,0 % спостерігається на ділянці 2g порівняно з контрольним зразком, тоді як просте вапнування при різних рН дає 44,0–66,0 % проти контрольного зразка, а додавання пробіотику при інших рН – до 67,0 %.

Таблиця 2.3

Результати оцінювання фітотоксичного ефекту забрудненого ґрунту зі звалища ТПВ на основі вирощування рослин *Triticum aestivum* при різних методах його очистки

№ ділянки	pH ділянки	Частка пророслих насінин, % (середній показник)	Довжина проростання, см (середній показник)	Довжина коренів, см (середній показник)	Маса кореневої системи рослини, г (середній показник)	Маса наземної частини рослини, г (середній показник)	Середній показник маси кореня однієї насінини (загальна маса кореневої системи насінин/кількість насінин)
2a		94,6	26,7	11,3	2,34	4,27	0,025
2b	8,4	81,3	12,0	6,5	1,45	2,36	0,0178
2c	9,3	90,0	18,0	8,1	1,73	2,87	0,0192
2d	10,0	84,0	16,0	7,0	1,65	2,73	0,0196
2e	8,35	92,0	18,4	8,4	1,79	2,92	0,0195
2f	9,31	84,0	13,0	6,8	1,53	2,56	0,018
2g	10,0	93,0	22,0	10,9	2,34	4,26	0,025

Таблиця 2.4

Результати оцінювання фітотоксичного ефекту ґрунту звалища ТПВ на основі вирощування рослин *Triticum aestivum*

Зразки	Рівні пригніченості ростових процесів (фітотоксичний ефект,%)			
	По довжині наземної частини	По середній довжині коренів	По масі наземної частини рослини	По масі кореневої системи рослини
Ділянка з поливом фільтратом та додаванням Са(ОН) ₂	55,06 Вища за середню токсичність	42,48 Вища за середню токсичність	38,03 Середня токсичність	44,73 Вища за середню токсичність
Ділянка з поливом фільтратом та додаванням Са(ОН) ₂	32,58 Середня токсичність	28,32 Середня токсичність	26,07 Середня токсичність	32,79 Середня токсичність
Ділянка з поливом фільтратом та додаванням Са(ОН) ₂	40,11 Вища за середню токсичність	38,05 Середня токсичність	29,49 Середня токсичність	36,07 Середня токсичність

Ділянка з поливом фільтратом та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та пробіотика	31,09 Середня токсичність	25,66 Середня токсичність	23,50 Середня токсичність	Продовження табл. 4.5 31,62 Середня токсичність
Ділянка з поливом фільтратом та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$	51,31 Вища за середню токсичність	39,82	34,62 Середня токсичність	40,15 Вища за середню токсичність
Ділянка з поливом фільтратом та додаванням $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і пробіотика	17,60 Відсутня (слабка) токсичність	3,54 Відсутня (слабка) токсичність	0,00 Відсутня токсичність	0,23 Відсутня токсичність

Аналогічні результати отримані за результатами розрахунку по відносній довжині коренів, відносній масі кореневої системи, відносній масі наземної частини рослин, середнього показника маси кореня однієї рослини (рис. 2.7).

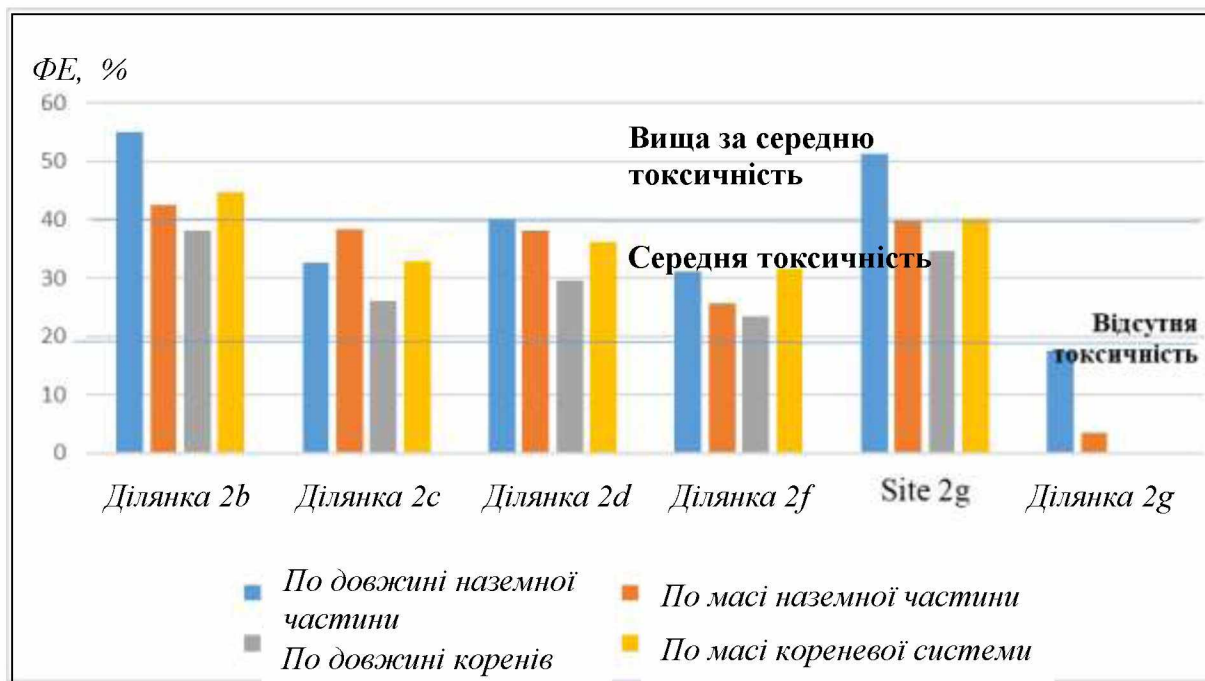


Рис.2.7. Оцінка фітотоксичності ґрунту звалища ТПВ при різних методах очищення на основі вирощування *Triticum aestivum*

Встановлено, що використання $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та пробіотика *Sviteko-Agrobioctic-01* (1:100 розведення) при рН 10 дозволяє поліпшити якість техногенно забрудненого ґрунту, зменшити токсичний вплив на біоту та підвищити ефективність очищення стічних вод у місця видалення ТПВ (рис. 2.8).

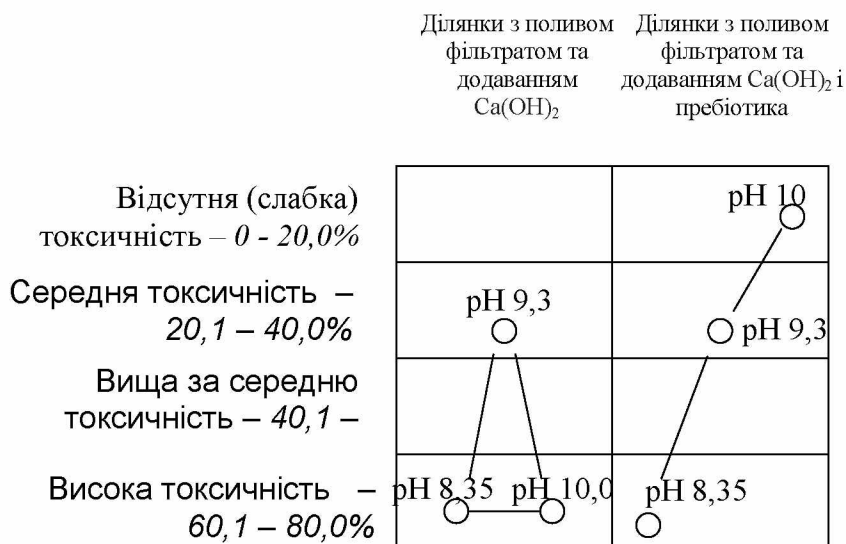


Рис. 2.8. Результати оцінки фітотоксичного ефекту на *Triticum aestivum* залежно від методів очищення при різних рН

Таким чином, отримані результати лабораторних експериментів дали змогу оцінити фітотоксичність фільтрату звалища ТПВ на основі вирощування рослин *Triticum aestivum* та надати рекомендації щодо методів очищення ґрунтів техногенно порушених земель під звалищами ТПВ та прилеглих сільськогосподарських угідь:

1. *Оцінка фітотоксичності ґрунту звалища ТПВ.* У ґрунті, набраному в районі звалища ТПВ, схожість пророслих рослин на 17 % менша порівняно з еталоном (чистим ґрунтом), довжина наземної частини менша на 22 %, середня довжина коренів менша на 44 %. Маса наземної частини та маса кореневої системи рослин у ґрунті зі звалища менша на 55 % та 42 % відповідно. Такий вплив на біоту характеризується як вище за середню токсичний.

2. *При додаванні пробіотика Sviteko-Agrobiotic-01 (1:100 розведення) в забруднений ґрунт:* схожість пророслих рослин на 5,2 % краща порівняно із забрудненим ґрунтом без додавання пробіотика, довжина наземної частини – на 11,6 %; середня довжина коренів на 40,2 %; маса наземної частини та маса кореневої системи рослин більша на 14 % та 16,5% відповідно. Отже, використання пробіотика *Sviteko-Agrobiotic-01* (1:100 розведення) дає змогу

значно поліпшити якість ґрунту та знизити його фітотоксичність, зокрема, якщо вплив на кореневу систему забрудненого ґрунту характеризувався як вище за середнє значення токсичний, то після використання пробіотику, як середня токсичність по масі коренів та відсутня (слабка) токсичність по довжині коренів. Тобто, даний метод є найбільш прийнятний для відновлення земель сільськогосподарського призначення, що зазнали забруднення від техногенно порушених територій.

3. За умови додавання пробіотику *Sviteko-Agrobioitic-01* (1:100 розведення) і $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у стічні води звалища ТПВ: при рН 10 досягається їх максимальне очищення від важких металів, фітотоксичний ефект оцінюється як слабка токсичність (по довжині наземної частини за середньою довжиною коренів) та відсутня токсичність (за масою наземної частини рослини та за масою кореневої системи рослини). Фітотоксичний ефект забрудненого фільтрату при цьому без очищення складає вище середньої токсичності.

Отже, використання $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і пробіотика *Sviteko-Agrobioitic-01* (1:100 розведення) при рН 10 дозволяє значно поліпшити якість техногенно порушеного ґрунту, знизити токсичний вплив на біоту і підвищити ефективність очищення стічних вод звалища ТПВ. Проведені дослідження є основою для розробки технології очистки фільтрату на звалищах та полігонах твердих побутових відходів з використанням біологічних методів. Таким чином, даний метод є найбільш прийнятним для нейтралізації міграції забруднюючих речовин на техногенно порушених землях.

РОЗДІЛ 3

Фітотоксична оцінка використання біологічних методів очистки ґрунтів сільськогосподарського призначення, забруднених нафтопродуктами

Для оцінки фітотоксичного ефекту впливу нафтопродуктів на ґрунти були використані наступні показники: висота проростків, довжина коренів, а також фітомаса проростків і кореневої системи рослин.

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 при концентрації 10000 мг/кг на 7 добу розвитку рослин. При 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 також не спостерігалось. Відзначена тенденція до зниження довжини коренів із збільшенням забруднення. Загалом 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. 3.1). Виявлено зниження висоти наземної частини рослин тільки при дозі нафтопродуктів 20000 мг/кг.

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.

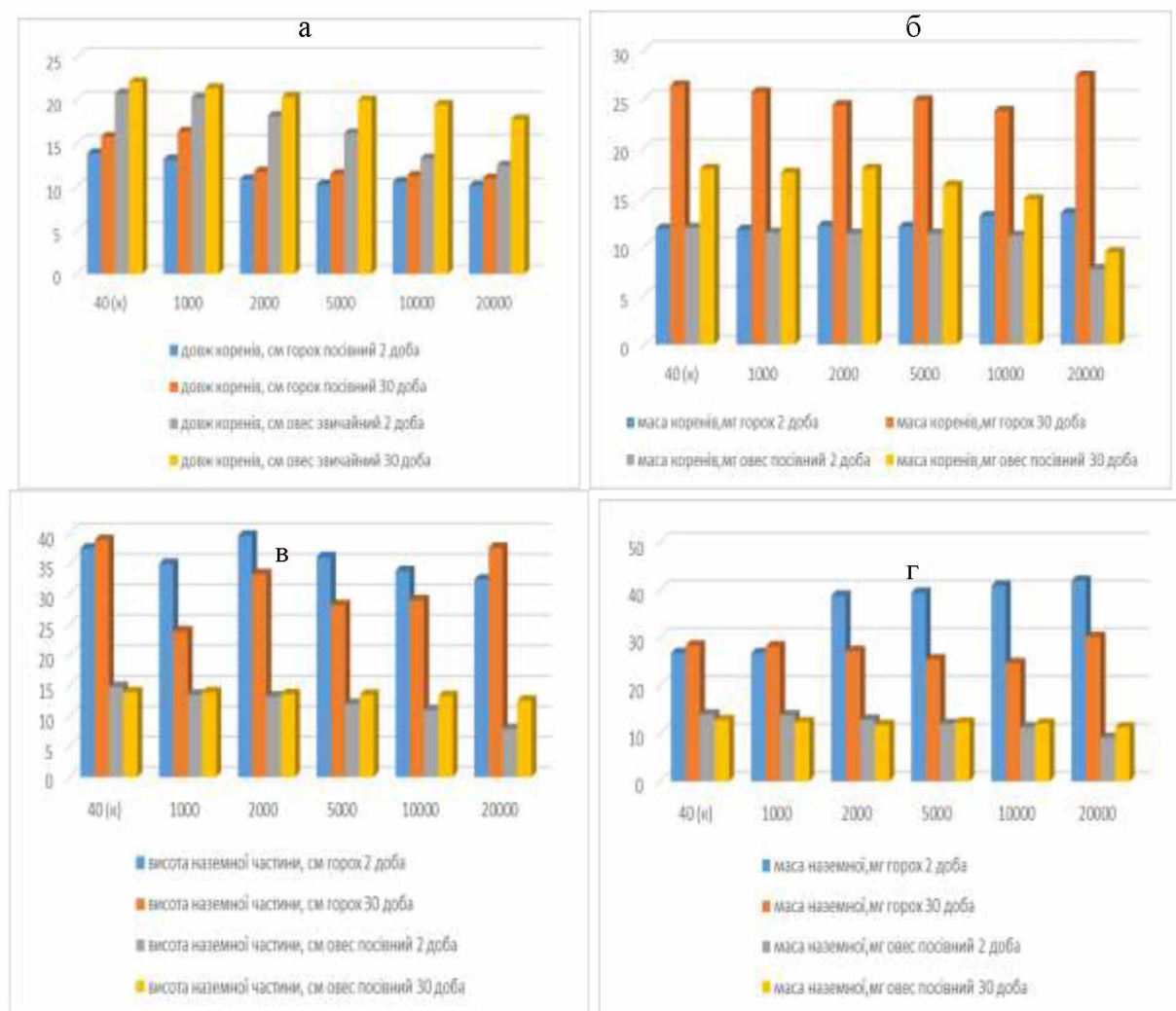


Рисунок 3.1. Вплив нафтопродуктів на біометричні показники *Pisum sativum* та *Avena sativa*, висаджені на 2 і 30 добу після забруднення:

а - довжину коренів (см); *б* - масу коренів (мг); *в* - висоту наземної частини (см); *г* - масу наземної частини (мг)

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, ґрунт 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. 4.6). 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. Зміни маси наземної частини рослин при початковому вмісті нафтопродуктів у ґрунті від 1000 до 20000 мг/кг від контролю не відбувається (рис. 4.16). 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. 3.1).

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%).

Таблиця 3.1

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

Час експозиції, днів	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

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. Фітотоксичної 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 *Avéna satíva*. На 2 добу значення фітотоксичного ефекту по проростанню насіння складало 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 фітотоксичної 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, фітотоксичної ефект при цьому становив 20 і 35% відповідно.

При посіві насіння вівса звичайного (*Avéna 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 фітотоксичної 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 *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. 4.6). 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 *Avéna satíva*. Фітотоксичний 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 *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).

На другому етапі дослідження оцінено можливості очищення ґрунту від нафтопродуктів пробіотиком *Sviteko-Agrobioitic-01*. Порівняння біометричних показників *Pisum sativum ma* та *Avéna satíva* на зразках ґрунту до і після очистки пробіотичними препаратами приведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Результати ремедіації ґрунту пробіотичним препаратом *Sviteko-Agrobioitic-01* (1:100 розведення)

Час експозиції, діб	Початкова концентрація нафтопродуктів, 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 очистки 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. Дані дослідження є основою розробки комплексної системи відновлення техногенно порушених земель за рахунок включення новітніх екологічно безпечних методів (пробіотичних препаратів), як необхідну умову сталого розвитку агроценозів.

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ АГРОЦЕНОЗІВ НА ЛОКАЛЬНОМУ РІВНІ

Техногенне забруднення навколишнього природного середовища призводить до деградації екологічних систем, глобальних кліматичних і геохімічних змін, до регіональних і локальних екологічних криз та катастроф, що потребує подальшого дослідження. Накопичення токсичних речовин призводить до поступової зміни хімічного складу ґрунтів, порушення цілісності геохімічного середовища і живих організмів. Під полігони і звалища відходів відчужуються цінні у сільськогосподарському значенні земельні ресурси та забруднюють навколишні сільськогосподарські угіддя. Проблеми скорочення площі забруднених земель, утворення яких обумовлене звалищами ТПВ, а також їх відновлення та повернення у господарський обіг залишаються відкритими для наукового пошуку.

Моделльне дослідження щодо розробки комплексної системи відновлення техногенно порушених земель та прилеглих сільськогосподарських угідь проведено на прикладі Сенчанської сільської ради Лохвицького району Полтавської області. Це обумовлено тим, що найбільші звалища ТПВ даної території знаходяться на землях сільськогосподарського призначення, відстань до сільськогосподарських угідь складає 0-15 м. Як наведено у розділі 3.3, виділено три типи техногенно порушених земель, які знаходяться під звалищами ТПВ на даній території.

До третьої групи відноситься 1 звалище за межами с. Сенча, на відстані 1,4 км, площею 2,1 га, де видалено близько 9140 м³ ТПВ. Дане звалище ТПВ розташоване на землях сільськогосподарського призначення, перевищення ГДК забруднюючих речовин наявне як на території звалища, так і на межі із сільськогосподарськими угіддями (рівень небезпеки - Н₁НФ, Н₂НФВМ, розділ 3.3). Можливі сценарії заходів з рекультивації та ремедіації техногенно

порушеної території III категорії небезпеки (у даному випадку це землі сільськогосподарського призначення) приведено на рис. 4.1.

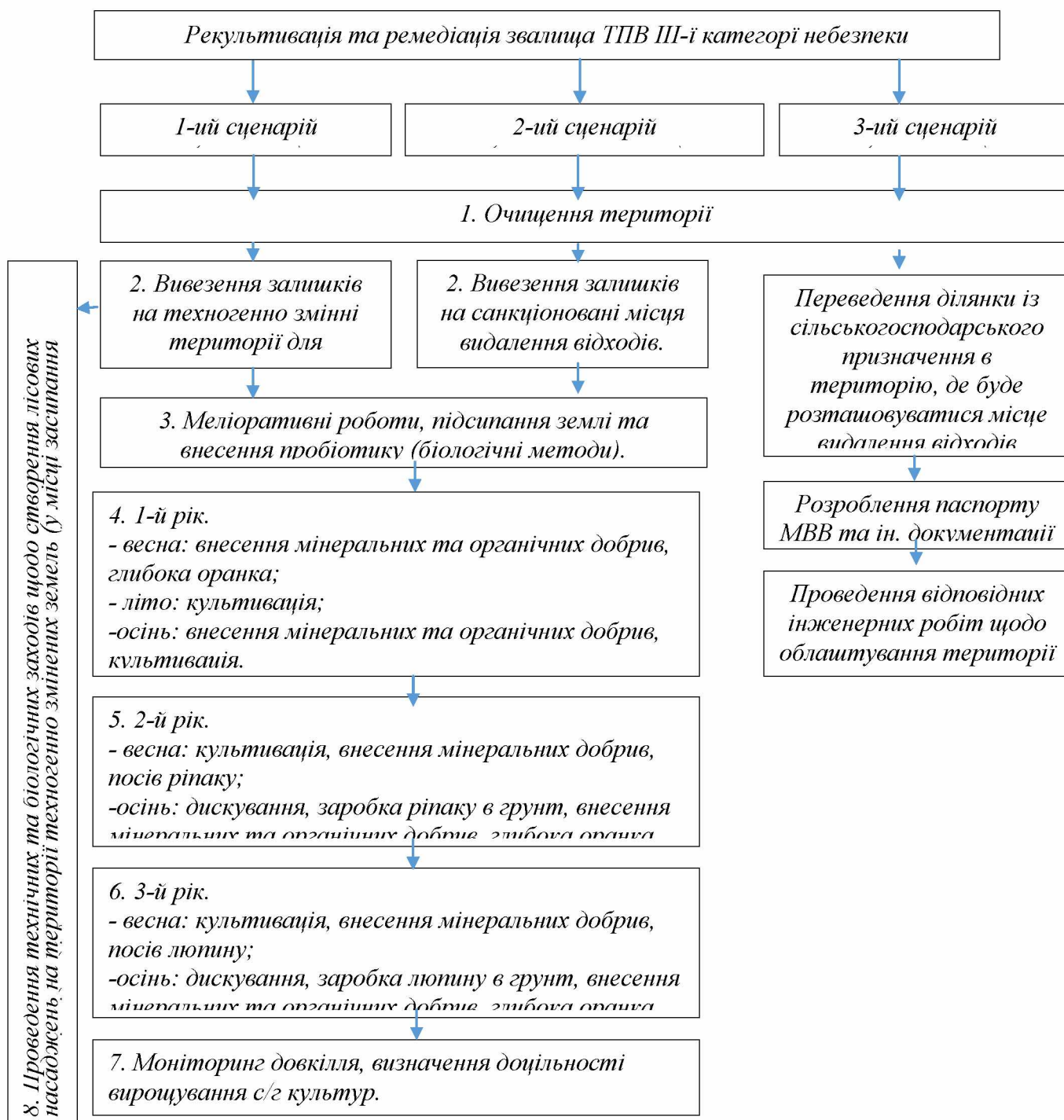


Рис. 4.1. Можливі варіанти рекультивациі та подальшого використання техногенно порушених земель сільськогосподарського призначення

Для III категорії небезпеки техногенно порушених земель під звалищами ТПВ пропонується 3 сценарії щодо рекультивациі та ремедіації даної території:

1 варіант (основний). Даний сценарій передбачає очищення даної території від накопичених ТПВ (з попереднім відділенням можливих ресурсоцінних фракцій). Проведені роботи щодо дослідження токсичності залишків відходів на даній ділянці (розділ 2) дозволили встановити, що відходи віднесені до 3-4 класу небезпеки, тобто їх можливо використовувати як насипний ґрунт (технозем). Тому, рекомендовано вивезення залишку даних відходів для використання їх як пересипного ґрунту (біля цегляного заводу в північно-західній частині Сенчанської сільської ради). Дану територію у подальшому передбачається також рекультивувати із створенням паркової зони (з насадженням лісових культур).

Рекомендовано зняття поверхневого шару землі на глибину 10 см, з метою прискорення ремедіації даної території. Далі територія засипається меліорантом (для передбачення можливого токсичного забруднення) та засипається чистим ґрунтом на висоту 10 см і ущільнюється. Потім проводяться заходи з залученням території у сільськогосподарський обіг, але з включенням заходів із ремедіації: вносяться мінеральні та органічні добрива, проводиться глибока оранка, вносяться мікробіологічні препарати (для біологічного очищення); проводиться культивування землі.

Для вилучення із ґрунту важких металів передбачається посів ріпаку, після чого можливо територію засівати люпином або продовжувати сівозміну з культурами, які вилучають важкі метали, наприклад горох, ріпак тощо. Через 3 роки обов'язково проводиться моніторинг ділянки та визначається доцільність вирощування сільськогосподарських культур.

2 сценарій (альтернативний). Даний варіант є аналогічним першому, але у ньому не передбачається використання залишку відсортованих ТПВ для пересипання техногенно змінених територій (як технозему). Усі невідсортовані ТПВ із ділянки вивозяться на звалище ТПВ (місце видалення відходів) у м. Заводське або м. Лохвицю (відповідно договору). Рекультивування даної ділянки проводиться як у першому випадку з використанням сільськогосподарських культур. Враховуючи, що у даній роботі передбачається

розробка екологоорієнтованих заходів, а даний метод посилює екологічну небезпеку інших техногенно забруднених територій, даний метод не є доцільним.

3 сценарій (можливий). Даний варіант передбачає переведення ділянки із сільськогосподарського призначення в територію, де буде розташовуватися місце видалення відходів Сенчанської сільської ради. Враховуючи, що у даному дослідженні пріоритетним напрямком є відновлення, очищення та повернення у господарський обіг техногенно забруднених територій, даний варіант не розглядається. План заходів щодо рекультивації та фітореMediaції звалища ТПВ по основному сценарію приведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

План заходів рекультивації та фітореMediaції звалища ТПВ III категорії небезпеки з та повернення даних земель у господарський обіг

<i>№ п/п</i>	<i>Захід</i>	<i>1 рік, період</i>	<i>2 рік, період</i>	<i>3 рік, період</i>
1	Очищення території. Відсорткування ресурсоцінних фракцій (по можливості) та вивезення їх на переробку.	березень	-	-
2	Зняття забрудненого ґрунту на глибину 10 см.	квітень		
3	Вивезення залишків відходів для засипання техногенно змінених територій (ТЗТ)	березень- квітень		
4	Проведення меліоративних робіт. Внесення меліоранту (напр. гіпс).	квітень		
5	Засипання землею території висотою 10 см та її ущільнення	квітень		
6	Внесення мікробіологічних препаратів – пробіотику (напр. пробіотик Svitoko-Agrobiotic-01 розбавлення 1:100, всього 6 л).	квітень		
7	Внесення мінеральних добрив (найкраще використовувати нітроамфоску з співвідношенням N:P:K: – 16:16:16 по всій території, для даних умов внесення складає 25 г нітроамфоски на 1 м ²).	квітень		
8	Внесення органічних добрив	квітень		

9	Глибока оранка	квітень-травень	Продовження табл. 5.1	
10	Культивація землі	червень-вересень		
11	Внесення мінеральних добрив (найкраще використовувати нітроамофоску з співвідношенням N:P:K: – 16:16:16 по всій території, для даних умов внесення складає 25 г нітроамофоски на 1 м ²).	вересень-жовтень		
	Внесення органічних добрив			
	Культивація землі			
12	Культивація землі	-	квітень	
13	Внесення мінеральних добрив N:P:K: – 10:10:10 по всій території			
14	Посів ріпаку (для вилучення забруднень)			
15	Дискування, заробка ріпаку у ґрунт		вересень	
16	Внесення органічних добрив			
17	Внесення мінеральних добрив (найкраще використовувати нітроамофоску з співвідношенням N:P:K: – 16:16:16 по всій території, для даних умов внесення складає 25 г нітроамофоски на 1 м ²).			
18	Глибока оранка			
19	Культивація землі		-	квітень
20	Внесення мінеральних добрив N:P:K: – 10:10:10 по всій території			
21	Посів люпину			
22	Дискування, заробка люпину у ґрунт			вересень
23	Внесення органічних добрив			
24	Глибока оранка			
25	Проведення технічних та біологічних заходів щодо створення лісових насаджень на території техногенно змінених земель (у місці засипання залишків відходів)		Проведення технічної та біологічної рекультивациі техногенно змінених територій із створенням лісових насаджень	
26	Моніторинг території за допомогою сертифікованої лабораторії (ґрунти, атмосферне повітря, поверхневі та підземні води).		постійно	

За основним сценарієм (табл. 5.1) на початку у перший рік проводиться

очищення техногенно порушеної території. По можливості здійснюється відсортування ресурсоцінних фракцій. Відсортовані фракції поділяються і окремо транспортуються до пунктів їх прийому. Максимальний обсяг ТПВ, що можливо відсортувати з даної ділянки складає 9140 м³. При цьому, відповідно морфологічного складу даних відходів (додаток В) максимальний обсяг відсортованих ресурсоцінних фракцій складе: полімери - до 150 кг; скло – до 500 кг; дерево – до 1400 кг; картон, макулатура – до 150 кг; органічні відходи (для компосту) – до 10 т. Скло, полімери, макулатуру транспортують до пунктів прийому вторсировини на переробку. Органічні відходи завантажують у компостер для отримання компосту. У даному випадку можливо використовувати компостери (на 1600 л.) або транспортувати на станцію компостування, що запроектована відповідно Схеми санітарної очистки Сенчанської сільської ради [238]. Загальний обсяг залишків ТПВ для вивезення на ділянку для засипання складе близько 5941 м³.

Далі восени проводиться зняття забрудненого ґрунту на глибину 10 см. Для цього за допомогою грейдера відбирається 10 см ґрунту із території звалища ТПВ, який вивозиться для засипання на техногенно змінену ділянку. Загальний обсяг відібраного ґрунту – 2100 м³ (2310 т). Після цього проводяться меліоративні роботи. Для гіпсування ґрунтів застосовують в основному сиро-мелений гіпс з природних покладів. Виходячи із складу ґрунту на території звалища ТПВ (додаток В) виділено дві ділянки залежно від якості ґрунту. Внесення меліоранту – гіпса розраховують виходячи із ступеня засоленості даних ґрунтів:

ділянка 1 - $0,086 \cdot 100 \cdot 1,3 \cdot 0,6 = 6,71$ т/га;

ділянка 2: $0,086 \cdot 100 \cdot 1,3 \cdot 1,5 = 5,59$ т/га.

Всього для ділянки 1 (площа 1,68 га) необхідно 11,27 т гіпса, для ділянки 2 (площа 0,42 га) – 2,3 т гіпса. Таким чином, внесення гіпсу здійснюється в середньому в розрахунку 6,8 т/га. Площа території, на яку необхідно внести меліорант для нейтралізації впливу важких металів – 21000 м² (2,1 га). Витрата меліоранту на дану територію – 13,6 т.

Після меліоративних робіт проводиться засипання даної території землею висотою 10 см та її ущільнення. Висота насипного ґрунту складає 10 см. Найкращий період для засипання є квітень – травень. При цьому грузовик висипає землю, яку розрівнюють та ущільнюють за допомогою грейдера. Необхідна кількість ґрунту, що засипається, складає 2100 м³. Вирівнювання землі по даній території здійснюється за допомогою грейдера.

Наступний етап першого року включає біологічну очистку за допомогою внесення мікробіологічних препаратів – пробіотику. Враховуючи, що дана територія зазнає техногенного впливу від фільтрату та звалищного газу, які виділяється в процесі розкладання відходів, постає необхідність у знезараженні (зокрема мікробіологічному) даної території. Як показали дослідження (розділ 4), для цього найкраще використовувати пробіотик *Sviteko-Agrobiotic-01* розбавленням 1:100. Всього на дану територію необхідно 6 л пробіотику (600 л розбавленого концентрату). Даний захід проводять в періоди квітень-травень.

Після біологічної очистки здійснюють внесення мінеральних та органічних добрив. По результатам досліджень (додаток В) встановлено, що ґрунт даної ділянки - чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий. Враховуючи особливості ґрунтів на даній території найкраще використовувати нітроамофоску з співвідношенням N:P:K: – 16:16:16 по всій території. Нітроамофоска універсальне добриво, застосовується у всіх ґрунтово-кліматичних зонах при передпосівному удобренні, для прикореневого підживлення. Норми внесення добрива встановлюються за результатами аналізів ґрунту (додаток В) і для даних умов складають 25 г нітроамофоски на 1 м². Загальний обсяг на дану територію – 0,527 т. Норми внесення органічного добрива встановлюються за результатами аналізів ґрунту і для даних умов складають 5 тон на га. Загальний обсяг на дану територію – 10,5 т. Після внесення добрив проводять глибоку оранку (24-32 см).

Далі проводять культивуацію даної території. Культивуацію ділянки

проводять протягом червня-вересня по мірі відростання бур'янів. Орієнтовно культивуацію потрібно проводити 3-5 разів.

На другий рік восени проводять культивуацію землі та вносять добрива по всій території даної ділянки. Культивуацію ділянки проводять в квітні для підготовки території до засівання ріпаку. Найкраще використовувати добрива з сіввідношенням N:P 10-10 по всій території. Загальний обсяг мінеральних добрив на дану територію складає: азот (34% N) 30 кг на 1 га, відповідно на дану територію – 63 кг; фосфор (40% P) 25 кг на 1 га, відповідно на дану територію – 52,5 кг.

Далі проводять посів ріпаку. Період – квітень (весняний). Як показують дослідження [169] одними із найбільш стійких до токсичного забруднення, зокрема важких металів, із сільськогосподарських культур є рослини ріпаку. Саме рослини ріпаку ярого здані виводити важкі метали з ґрунту та очищати територію з метою подальшого використання даної ділянки для вирощування сільськогосподарських культур. Після цього в осінній період (вересень) проводять дискування, заробку ріпаку в ґрунт.

У подальшому в осінній період (вересень) здійснюють внесення мінеральних та органічних добрив. Враховуючи особливості ґрунтів на даній території (додаток В) на даному етапі найкраще використовувати нітроамофоску із сіввідношенням N:P:K: – 16:16:16 по всій території. Норми внесення добрива для даного етапу складають 15 г нітроамофоски на 1 м². Загальний обсяг на дану територію – 0,315 т. При цьому внесення органічних добрив здійснюється за допомогою розкидача органічних добрив та трактору. Норми внесення добрива встановлюються за результатами аналізів ґрунту і для даних умов (додаток В) складають 5 тон на га. Також після внесення добрив проводять глибоку оранку (24-32 см).

На третій рік восени проводять культивуацію землі та внесення добрив на території даної ділянки. Культивуацію ділянки проводять в квітні для підготовки території до посіву люпину. Внесення мінеральних добрив здійснюється за допомогою розкидача мінеральних добрив та трактору. Найкраще

використовувати добрива з співвідношенням N:P 10-10 по всій території. Загальний обсяг мінеральних добрив на дану територію складає: азот (34% N) 30 кг на 1 га, відповідно на дану територію – 63 кг; фосфор (40% P) 25 кг на 1 га, відповідно на дану територію – 52,5 кг.

У подальшому у квітні проводять посів люпину. Рослини люпину також є одними із найбільш стійких до токсичного забруднення [218]. Норма висіву люпину – 160 кг. Відповідна маса люпину для посіву на даній ділянці - 336 кг. У подальшому в осінній період (вересень) проводять дискування, заробку люпину в ґрунт. Відбувається часткове перемішування ґрунту та підрізання люпину та бур'янів, заробка їх у ґрунт.

Наступний етап, що здійснюється в осінній період (вересень) включає внесення органічних добрив. Внесення органічних добрив здійснюється за допомогою розкидача органічних добрив та трактору. Норми внесення добрива встановлюються за результатами аналізів ґрунту (додаток В) і для даних умов складають 5 тон на га. Загальний обсяг на дану територію – 10,5 т. Після внесення добрив проводять глибоку оранку (30-32 см).

Обов'язковим є постійний моніторинг території, який має проводитися щоквартально сертифікованою лабораторією. Відбираються проби ґрунту (зокрема визначається вміст важких металів), проби повітря (визначається метан, оксид азоту та вуглецю). Також перелік речовин, які будуть досліджуватися, уточнюється, залежно від біометричних показників сільськогосподарських культур.

Проведення технічних та біологічних заходів щодо створення лісових насаджень на території техногенно змінених земель (у місці засипання технозему) приведені у додатку Ж, розділ 4.

Враховуючи ступінь забруднення першої та другої категорії небезпеки звалищ ТПВ Сенчанської сільської ради у додатку Ж (розділи 5, 6) наведено загальний план заходів рекультивації та ремедіації несанкціонованих звалищ ТПВ I та II категорії небезпеки.

Для оцінки ефективності основного сценарію рекультивації та ремедіації звалища ТПВ III категорії небезпеки був виконаний SWOT-аналіз та виявлення взаємозв'язків між "внутрішніми" (сильні та слабкі сторони) та "зовнішніми" (можливості та загрози) факторами (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

SWOT-аналіз взаємозв'язків між "внутрішніми" (сильні та слабкі сторони) та "зовнішніми" (можливості та загрози) факторами реалізації плану заходів рекультивації та ремедіації звалища ТПВ III категорії небезпеки

Сильні сторони	Слабкі сторони
Екологічно безпечне очищення та відновлення техногенно порушених земель сільськогосподарського призначення	Роздільний збір ТПВ не завжди має економічну ефективність, адже з часом ТПВ втрачають ресурсну цінність.
Можливість вирощування безпечної сільськогосподарської продукції через 3 роки	На початковому етапі значні складності з вивезенням забрудненого ґрунту (обсягом 2100 м ³)
Передбачення міграції забруднюючих речовин на прилеглі сільськогосподарські угіддя	Для засипання ґрунту необхідно також 2100 м ³ ґрунту, який має бути родючим та незабрудненим.
Можливості	Загрози
Реалізація запланованих заходів дозволяє блокувати міграцію забруднюючих речовин уже на 1 році реалізації заходів, що дозволяє отримувати безпечну продукцію на прилеглих сільськогосподарських землях.	Враховуючи, що для блокування забруднюючих речовин використовуються меліоранти, можливе підлужування ґрунтів.
Повне повернення техногенно порушених територій у господарський обіг	Після реалізації заходів рекультивації та ремедіації на самій території техногенно порушених земель отримання безпечної сільськогосподарської продукції можливе не раніше ніж через 3 роки

На основі здійсненого аналізу плану заходів рекультивації та ремедіації звалища ТПВ III категорії небезпеки визначено, що реалізація даного сценарію є екологічно допустимим та обґрунтованим, але отримання безпечної сільськогосподарської продукції на самій території техногенно порушених земель можливе не раніше ніж через 3 роки. У той же час реалізація запланованих заходів дозволяє блокувати міграцію забруднюючих речовин уже на 1 році реалізації заходів, що дозволяє отримувати безпечну продукцію на прилеглих сільськогосподарських землях.

Таким чином, розроблений комплексний план, етапи та визначені ресурси заходів рекультивації та ремедіації техногенно порушених територій під звалищами ТПВ, у тому числі які розташовані на землях сільськогосподарського призначення, залежно від категорії та рівня небезпеки звалищ ТПВ на локальному рівні (на прикладі Сенчанської сільської ради Лохвицького району Полтавської області). Приведені результати є основою для розробки наукових засад і практичних рекомендацій щодо формування системи відновлення техногенно порушених територій і повернення їх у господарський обіг.

ВИСНОВКИ

1. Здійснено модельне дослідження комплексної системи відновлення техногенно порушених земель та прилеглих сільськогосподарських угідь з використанням новітніх екологічнобезпечних біологічних методів. Розроблений комплексний план та визначені ресурси заходів рекультивації та ремедіації техногенно порушених земель, у тому числі які розташовані на землях сільськогосподарського призначення, залежно від категорії та ступеня небезпеки звалищ ТПВ на локальному рівні. Дослідження проведено на прикладі Сенчанської сільської ради Лохвицького району Полтавської області (пілотна територія), вибір якої обумовлено тим, що найбільші звалища даної громади знаходяться на землях сільськогосподарського призначення, відстань до сільськогосподарських угідь складає 0-15 м.

2. Обґрунтовані альтернативні сценарії плану заходів рекультивації та ремедіації техногенно порушених територій різної категорії небезпеки на локальному рівні. Розроблені етапи щодо рекультивації та ремедіації для даних сценаріїв. На основі SWOT-аналізу проведено експертне оцінювання ефективності реалізації основного плану заходів рекультивації та ремедіації звалища ТПВ III категорії небезпеки. Встановлено, що отримання безпечної сільськогосподарської продукції на території техногенно порушених земель можливе не раніше ніж через 3 роки. У той же час реалізація запланованих заходів дозволяє блокувати міграцію забруднюючих речовин уже на 1 році реалізації заходів, що дозволяє отримувати безпечну продукцію на прилеглих сільськогосподарських землях.

Таким чином, обґрунтовано концептуальні підходи щодо реалізації еколого безпечної моделі очистки та відновлення техногенно порушених земель сільськогосподарського призначення, з метою повернення їх у господарських обіг у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроecosystem.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрушенко В.М. Світовий досвід переходу від традиційного до органічного агровиробництва та можливості його застосування в Україні. *Агросвіт*. 2015. №7. С. 55–61.
2. Тараріко О.Г. та ін. Ерозійна деградація ґрунтів України за впливу змін клі-мату. *Агроекологічний журнал*. 2017. Вип. 1. С. 7–15.
3. Стан та шляхи підвищення родючості ґрунтів Полтавської області у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва: монографія / за ред. А. В. Кохана, Л. Д. Глуценка. Полтав. держ. с.-г. дослід. станція ім. М. І. Вавилова. Полтава, 2015. 90 с
4. Рижук С. М., Медведєв В. В. Технологія відтворення родючості ґрунтів в сучасних умовах. Київ, 2003. 213 с.
5. Шумік С. А., Погоріла Н. Ф., Драга М. В., Скопецька О. В Застосування вуглеамонійних солей як нового екологічно чистого азотного добрива при вирощуванні цінних лікарських рослин та злакових культур. *Вісник Київського університету імені Тараса Шевченка*. 1999, №4. С. 91-92
6. Taylor J. P. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology and Biochemistry*. 2012. Vol. 34. P. 387–40.
7. Дульгеров А. Н., Нудьга А. Ю. Компостування навозу з вуглеамонійними солями и ефективність отримання навозу на посівах кукурузи. *Збірник наукових праць НАН України*. Київ: ВВП Компас, 1998. С. 323-326.
8. Кисіль В. І. Агрохімічні аспекти екологізації землеробства. Харків, 2005. 167 с.
9. Pedak I.S. The impact of environmental factors on the production of high-quality. *Journal of Agricultural Science*. 2018. №8. P. 15—20.
10. Organic Federation of Ukraine. К.:2015, <http://www.organic.com.ua>.
11. Гончарук І. В., Ковальчук С. Я., Цицюра Я. Г., Лутковська С. М. Динамічні процеси розвитку органічного виробництва в Україні. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. 478 с.

12. Шувар І. А., Бунчак О. М., Сендецький В. М., Тимофійчук О. Б. Виробництво та використання органічних добрив: монографія / за заг. ред. І. А. Шувара. Івано-Франківськ: Симфонія Форте, 2015. 596 с.
13. Chayka T.O., Yasnolob I.O., Gorb O.O., Shvedenko P.Yu. Intellectual Rent in the Context of the Ecological, Social, and Economic Development of the Agrarian Sector of Economics. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2017. Vol. VIII, № 7(23).P. 1442–1450.
14. Фатєєв А. І., Смірнова К. Б., Семенов Д. О. Оцінка придатності ґрунтів України для органічного землеробства за вмістом мікроелементів. *Вісник аграрної науки*. 2014. №4. С. 5–9.
15. Трифанов О. Способи біологічного підвищення родючості ґрунтів. *Пропозиція*. 2013. С. 52–53.
16. Патика В.П., Мікроорганізми і альтернативне землеробство. Київ: Урожай, 1993. 176 с.
17. Писаренко В.М. Органічне землеробство для приватного сектора / за ред. В.М. Писаренка. Полтава: ФОП Мирон І.А., 2017. 140 с.
18. Мінькова О. Г. Шляхи та способи переходу від традиційного аграрного виробництва до органічного. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2016. № 1. 3–10
19. Центи́ло Л. В., Цюк О. А. Баланс азоту, фосфору і калію за застосування добрив. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 5. (75). Режим доступу до статті: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2018.05.020>.
20. Бацула О. О., Скрильник Є. В., Кравець Т. Ф. Вплив добрив і рослинних решток на гумусовий стан ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Київ, 2002. № 59. С. 115–121.
21. Власюк П. А., Лисовал П. З. Влияние органических и минеральных удобрений на повышение основных культур севооборота. *Агробиология*. 1965. № 1. С.10–17.

22. Заришняк А. С., Іваніна В. В., Шиманська Н. К. Вплив добрив на родючість ґрунту і продуктивність сівозміни. *Збірник наукових праць УБКЦБ*. 2012. Вип.13. С. 290–300.
23. Гамзиков Г. П., Кулагина М. Н. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество почв. *Почвоведение*. 1990. №11. С. 57– 67.
24. Гордієнко В. П., Бодня В. І. Вплив тривалого застосування різних систем удобрення й обробітку ґрунту в сівозмінах на урожайність ярого ячменю. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. 2005. Вип. 4 (23). С. 94–100.
25. Дегодюк С. Є., Бобер Л. В., Вержбицька О. А. Вплив тривалого застосування добрив на відтворення органічної речовини сірого лісового ґрунту. *Зб. наукових праць Ін-ту землеробства УААН*. 2001. Вип. 3. С. 18–21
26. Живилко В. А., Цибак В. Л., Глушук М. М. Вплив добрив на продуктивність культур сівозміни та вміст гумусу і азоту в ґрунті. *Вісник сільськогосподарської науки*. 1976. №3. С.19–24.
27. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів. Київ : Аграрна наука. 2008. 308 с.
28. Патица В. П., Тихонович І. А., Ріліп'єв І. Д. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. Київ : Урожай, 1993. 176 с.
29. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною. ВНТП-АПК-09.06 : затв. наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 01.02.2006 р. № 29.
30. Послід птиці. Технології біологічного перероблення. Загальні вимоги. ДСТУ 7527:2014 : Державна дослідна станція птахівництва НААН від 23.10.2014.
31. Методика внесення органічних добрив : затв. Наказом Мінагрополітики від 24.11.2021 р. № 382 «Про затвердження Правил щодо забезпечення родючості ґрунтів і застосування окремих агрохімікатів».

32. Результати наукових досліджень підготовлено на основі матеріалів Х туру (2011–2015 рр.) агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення / за редакцією І. П. Яцука. Київ, 2017. 66 с.
33. Волкогон В. В., Деркач С. М., Дімова С. Б., М'ягка М. В. Біокомпостування органічного субстрату на основі пташиного посліду за інтродукції асоціації грибів *Trichoderma harzianum*. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 108–115.
34. Колісник Н.М., Тимофійчук Б.В., Сендецький В.М. та ін. Деструкція соломи — невід'ємна складова біологізації землеробства. *Посібник українського хлібороба*. 2017. Т. 1. С. 279–280.
35. Русаков Д.С., Дідух В. Ф., Том'юк В.В. Промислове виробництво органічних, органо-мінеральних та гранульованих добрив на основі сапропелів. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2014. №18, С. 37–42.
36. Чабанюк Я. В., Бровко І. С., Кордунян О.О. ДЦ (деструктор целюлози) — препарат для управління ґрунтовою родючістю. *Аграрна наука — виробництву*. 2016. № 4. С. 7–8.
37. Taylor J. P. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology and Biochemistry*. 2012. Vol. 34. P. 387–40.
38. Beck-Broichsitter S., Fleige H., Horn R. Compost quality and its function as a soil conditioner of recultivation layers — a critical review. *International Agrophysics*. 2018. № 32. P. 11–18. DOI: 10.1515/intag-2016-0093
39. Волкогон В. В., Дімова С. Б., Волкогон К. І. Вплив мікробних препаратів на засвоєння культурними рослинами поживних речовин. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 5. С. 25–28.
40. Смірнов В. В., Патика В. П., Підгорський В. С. Мікробні біотехнології в сільському господарстві. *Агроекологічний журнал*. 2012. №3. С. 3-8.

41. Abdel-Dayem E. A., Erriquens F., Verrastro V., Sasanelli N. Nematicidal and fertilizing effects of chicken manure, fresh and composted olive mill wastes on organic melon. *Helminthologia*. 2012. Vol. 49, № 4. P. 259–269.
42. Delgado M. M., Martin J. V., De Imperial R. M., L.-Cófreces C. and García M. C. Phytotoxicity of uncomposted and composted poultry manure. *African Journal of Plant Science*. 2010. Vol. 4, № 5. P. 154–162.
43. Indriyati L. T. Chicken manure composts as nitrogen sources and their effect on the growth and quality of komatsuna (*Brassica rapa* L.). *J. ISSAAS*. 2014. Vol. 20, № 1. P. 52–63.
44. Штам бактерій *Pseudomonas putida* для одержання біоорганічного добрива: пат. 98052 Україна. МПК C12N 1/20, C05F 15/00, C05F 17/00, C12R 1/40, М. В. Гаценко, Н. В. Луценко, В. В. Волкогон; заявник і патентовласник: Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. № а 201012764; заявл. 28.10.10; опубл. 10.04.12, Бюл. № 7.
45. Волкогон В. В. Деркач С. М., Дімова С. Б., М'ягка М. В. Біокомпостування органічного субстрату на основі пташиного посліду за інтродукції асоціації грибів *Trichoderma 12 harzianum 128*. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 1. С. 108–115
46. М'ягка М. В., Деркач С. М., Волкогон В. В., Луценко Н. В. Сукцесії мікроорганізмів у процесі компостування курячого посліду. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. Вип. 20. С. 41–48.
47. Anusuya D., Geetha M. Isolation and identification of fungal communities from vegetable wastes composts. *IJSIT*. 2014. Vol. 3, № 3. P. 203–207.
48. De Bertoldi M., Vallini G., Pera A. Technological aspects of composting, including, modelling and microbiology. Composting of agricultural and other waster: Proc. of a Seminar organized by the Commission of the Europe. Communities, Directorate-general science, research and development, Environmental research program (Oxford. U.K., 19-20 March, 1984) / Ed. by J.K.R. Gasser. London / New York, 1985. P.27–41.

49. Debois D., Fernandez O., Franzil L., Jourdan E. Plant polysaccharides initiate underground crosstalk with bacilli by inducing synthesis of the immunogenic lipopeptide surfactin. *Env. Microbiol. Rep.* 2015 № 7(3). P. 570-582 (doi: 10.1111/1758-2229.12286).
50. . Falardeau J., Wise C., Novitsky L., Avis T.J. Ecological and mechanistic insights into the direct and indirect antimicrobial properties of *Bacillus subtilis* lipopeptides on plant pathogens. *J. Chem. Ecol.* 2013. № 39(7). P. 869-878 (doi: 10.1007/s10886-013-0319-7).
51. Alonso S., Martin P.J. Impact of foaming on surfactin production by *Bacillus subtilis*: implications on the development of integrated in situ foam fractionation removal systems. *Biochem. Eng. J.* 2016. № 110. P. 125-133 (doi: 10.1016/j.bej.2016.02.006).
52. 9. Shafi J., Tian H., Ji M. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment.* 2017. № 31(3): P. 446-459 (doi: 10.1080/13102818.2017.1286950).
53. Sirec T., Cangiano G., Baccigalupi L., Ricca E., Isticato R. The spore surface of intestinal isolates of *Bacillus subtilis*. *FEMS Microbiology Letters.* 2014. № 358(2). P. 1-8 (doi: 10.1111/1574- 6968.12538).
54. Raaijmakers J.M., de Bruijn L., Nybroe O., Ongena M. Natural functions of lipopeptides from *Bacillus* and *Pseudomonas*: more than surfactants and antibiotics. *FEMS Microbiol. Rev.* 2010. № 34. P. 1037-1062 (doi: 10.1111/j.1574-6976.2010.00221.x),
55. Chowdhury S.P., Hartmann A., Geo X.W., Borriss R. Biocontrol mechanism by root-associated *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 — a review. *Front. Microbiol.* 2015. № 6. P.780-788. (doi: 10.3389/fmicb.2015.00780).