

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ҐРУНТОЗНАВСТВА ТА АГРОХІМІЇ

ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

Санітарна оцінка якості ґрунтів

Методичні рекомендації для виконання практичних робіт
для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
ОНП «Агрономія»
спеціальності Н1 «Агрономія»
денної форми здобуття вищої освіти



Миколаїв 2026

УДК 631.41:631.42

О-93

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від 14.05.2026 р., протокол № 8

Укладачі:

М.І. ФЕДОРЧУК - доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри ґрунтознавства та агрохімії, Миколаївський національний аграрний університет;

А.М. КРУГЛЕНКО - асистентка кафедри ґрунтознавства та агрохімії, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Н. В. ІВАНОВА - кандидат економічних наук, директор ТОВ «Золотий колос», Миколаївська обл., Миколаївський р-н, селище Капустине;

В. В. ГАМАЮНОВА - доктор с-г. наук, професор, завідувач кафедри землеробства, геодезії та землеустрою, Миколаївський національний аграрний університет.

ЗМІСТ

ВСТУП

Розділ 1. Загальні положення та значення санітарної оцінки ґрунтів

Розділ 2. Властивості ґрунтів та механізми поведінки забруднюючих речовин

Розділ 3. Хімічне та радіоактивне забруднення ґрунтів

Розділ 4. Нормування, методи контролю та оцінка санітарного стану ґрунтів

Питання для самоконтролю

Список використаних джерел

ВСТУП

Ґрунт є одним із найважливіших компонентів біосфери та основою функціонування наземних екосистем. Він виконує низку ключових екологічних, господарських і санітарно-гігієнічних функцій, забезпечуючи ріст рослин, участь у кругообігу речовин, фільтрацію та нейтралізацію забруднюючих речовин, формування якості довкілля і здоров'я населення. У сучасних умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, зростання техногенного навантаження та активного використання хімічних речовин стан ґрунтів зазнає значних змін, що потребує систематичного контролю та науково обґрунтованої оцінки.

Санітарна оцінка ґрунтів як науково-практична галузь спрямована на визначення рівня їх екологічної безпеки, ступеня забрудненості й потенційного ризику для людини та навколишнього середовища. Вона базується на комплексному аналізі хімічних, фізико-хімічних, біологічних і мікробіологічних показників, що дає змогу встановити характер антропогенних впливів, оцінити здатність ґрунту до самоочищення та визначити необхідність рекультиваційних заходів.

Актуальність даного матеріалу зумовлена потребою формування у здобувачів освіти цілісного розуміння механізмів забруднення ґрунтів, процесів їх трансформації, принципів санітарно-гігієнічної оцінки та сучасних підходів до їхнього відновлення. Навчальний текст систематизує сучасні теоретичні положення, нормативні вимоги та практичні методи дослідження, що забезпечує підготовку фахівців, здатних здійснювати об'єктивну діагностику стану ґрунтів і приймати виважені рішення щодо їхньої охорони та рекультивації.

У змісті розглянуто характерні типи забруднювачів, описано особливості їхньої поведінки в ґрунтовому середовищі, наведено методи лабораторного аналізу та гігієнічного нормування. Особливу увагу приділено питанням рекультивації та екологічної реабілітації ґрунтів, що є критично важливими в умовах зростання техногенного навантаження.

Поданий матеріал спрямований на підвищення професійної компетентності здобувачів освіти, формування екологічного мислення та практичних навичок оцінювання і оздоровлення ґрунтових ресурсів. Його можна використовувати у навчальному процесі, науковій роботі та практиці екологічного моніторингу і земельного менеджменту.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ЗНАЧЕННЯ САНІТАРНОЇ ОЦІНКИ ГРУНТІВ

Ґрунт є одним із ключових компонентів біосфери, який забезпечує існування наземних екосистем і виступає основою для ведення сільськогосподарського виробництва. Він бере участь у багатьох природних процесах: біохімічних циклах елементів, кругообігу води, трансформації органічних речовин, підтриманні структурної стабільності екосистем. Завдяки багатокомпонентній структурі та складній взаємодії мінеральної, органічної та біологічної частин ґрунт володіє унікальною здатністю акумулювати, трансформувати та частково нейтралізувати речовини, що надходять у нього з природних і техногенних джерел.

У сучасних умовах інтенсивного антропогенного навантаження роль ґрунту як природного фільтра стає особливо важливою. Промислові підприємства, транспортні системи, агрохімія, побутові відходи, атмосферні викиди — усе це створює потоки забруднюючих речовин, що осідають на поверхні ґрунту або проникають у нього з водою, повітрям чи добривами. Ґрунт здатен затримувати ці речовини, уповільнювати їх рух та перерозподіляти у профілі. Однак коли кількість шкідливих речовин перевищує природний потенціал самоочищення, вони переходять у більш рухомі форми, накопичуються у верхніх горизонтах, мігрують у рослини або потрапляють у підземні води.

Саме тому необхідність санітарної оцінки ґрунту сьогодні не викликає сумнівів. Вона дозволяє виявити рівень забруднення, визначити потенційні джерела небезпеки та оцінити ризики для здоров'я людини, тварин і рослин. Санітарна оцінка спрямована на вивчення не лише хімічного складу ґрунту, а й біологічних та радіологічних факторів, які здатні чинити токсичну або патогенну дію. Таким чином, ґрунт розглядається як середовище, що може бути одночасно і носієм корисних властивостей, і джерелом небезпеки.

Особливу увагу приділяють вмісту важких металів, пестицидів, залишків добрив, радіонуклідів та патогенних організмів. Важкі метали, такі як свинець, кадмій, ртуть, миш'як, нікель та інші, мають здатність накопичуватися у ґрунті роками та десятиліттями, утворюючи стійкі резервуари токсичності. Їх присутність у рухомих формах становить безпосередню небезпеку, оскільки вони можуть переходити в рослини, накопичуватися в організмах тварин і зрештою потрапляти в харчовий ланцюг людини. Пестициди — ще одна група небезпечних речовин, які, залежно від хімічного складу, здатні зберігатися в ґрунті тривалий час, піддаватися частковій трансформації або розкладатися на більш стійкі й токсичні продукти. Деякі з них належать до групи так званих «стійких органічних забрудників», що представляють глобальну екологічну загрозу.

Окремим блоком виділяється питання радіоактивного забруднення ґрунтів. Ґрунт може містити як природні радіонукліди (уран, торій, калій-40), так і штучні — ті, що надійшли внаслідок робіт урановидобувної промисловості, аварій на атомних електростанціях або забруднення мінеральними добривами. Радіонукліди здатні фіксуватися ґрунтовими колоїдами, але вони також можуть переходити у доступні форми та мігрувати в рослинні тканини, створюючи довготривалу небезпеку.

Не менш важливим є вивчення біологічного стану ґрунту. У ґрунтовому середовищі можуть міститися патогенні бактерії, кишкові палички, клостридії, протей, які є індикаторами фекального забруднення, а також яйця і личинки гельмінтів — небезпечних паразитичних організмів. Біологічне забруднення особливо характерне для ділянок, де ґрунт контактує з побутовими або тваринницькими відходами, та може становити значний епідеміологічний ризик для сільськогосподарського виробництва.

Санітарна оцінка дозволяє комплексно досліджувати всі ці аспекти і робити висновок щодо того, чи може ґрунт вважатися безпечним для вирощування сільськогосподарських культур, чи не становить він потенційної небезпеки для людини і навколишнього середовища. Вона також забезпечує можливість прогнозування екологічних наслідків, планування рекультиваційних заходів, оптимального землекористування та впровадження екологічно безпечних технологій.

Для майбутніх фахівців аграрної галузі знання про санітарний стан ґрунтів є не просто складовою навчального матеріалу, а й важливою практичною компетентністю. Це дозволяє правильно оцінювати виробничі ризики, обирати оптимальні системи удобрення, застосовувати безпечні засоби захисту рослин, своєчасно реагувати на деградаційні процеси та формувати системи моніторингу якості ґрунтів. Таким чином, санітарна оцінка ґрунтів є фундаментальною основою раціонального землекористування і збереження здоров'я екосистем.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:

1. У чому полягає роль ґрунту як відкритої природно-техногенної системи?
2. Які основні фактори визначають надходження забруднювачів у ґрунтове середовище?
3. Чому ґрунт вважається одночасно фільтром і депо забруднюючих речовин?
4. Які наслідки надмірного техногенного навантаження для санітарного стану ґрунтів?
5. Як забруднення ґрунту впливає на якість та безпечність продукції рослинництва?
6. Чому санітарна оцінка ґрунтів є важливою для екологічної безпеки та здоров'я населення?
7. Які основні групи забруднювачів потребують контролю в рамках санітарної оцінки ґрунтів?

РОЗДІЛ 2. ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ТА МЕХАНІЗМИ ПОВЕДІНКИ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

Ґрунт є складною природною системою, у якій одночасно відбуваються фізичні, хімічні та біологічні процеси, що визначають його здатність утримувати або, навпаки, пропускати забруднюючі речовини. Поведінка токсикантів у ґрунтовому середовищі залежить не лише від їх власних властивостей, але й від характеристик самого ґрунту: гранулометричного складу, вмісту гумусу, мінералогічного складу, кислотності, ємності катіонного обміну та ступеня зволоження. Саме тому різні ґрунти демонструють різну чутливість до хімічного і біологічного навантаження, а процеси міграції у них можуть відрізнятися в рази.

Однією з найважливіших властивостей ґрунтів є їхня сорбційна здатність — здатність утримувати іони, молекули та колоїдні частинки на поверхні глинистих мінералів і органічної речовини. Гумус і глинисті частинки мають величезну площу поверхні, заряд та активні функціональні групи, завдяки яким вони здатні зв'язувати важкі метали, пестициди, радіонукліди та інші токсиканти. Чим більша кількість глини і гумусу, тим значнішою є буферність ґрунту, і тим менше забруднень переходить у рухомі форми. Навпаки, у піщаних і супіщаних ґрунтах, де мало колоїдів, токсичні речовини легко мігрують вниз, до ґрунтових вод, або в бік кореневмісного шару.

Важливе значення має кислотність ґрунту. У кислих умовах підвищується розчинність багатьох металів, зокрема кадмію, свинцю, нікелю, що робить їх більш рухомими та доступними для рослин. У нейтральних і слаболужних ґрунтах велика частина металів фіксується у вигляді важкорозчинних сполук, часто за участю карбонатів і гідроксидів. Тому ґрунти карбонатного типу мають кращу буферність щодо металів, ніж кислі дерново-підзолисті ґрунти, де рухомість токсикантів є значно вищою.

Мінералогічний склад також відіграє ключову роль. Кауолініт, монтморилоніт, гідрослюди та інші глинисті мінерали відрізняються за здатністю зв'язувати іони та органічні молекули. Монтморилонітові ґрунти, завдяки своїй шаруватій структурі та високій ємності катіонного обміну, здатні утримувати значні кількості металів і радіонуклідів. У той час як легкі піщані ґрунти практично не мають механізмів затримання токсикантів, що робить їх найбільш вразливими до забруднення.

Одним із важливих механізмів є міграція речовин у ґрунтового профілі. Вона може відбуватися у двох напрямках: низхідному — під дією інфільтрації води, і висхідному — у результаті капілярного підняття вологи з глибших горизонтів. У дощові періоди розчинні форми токсикантів переміщуються вниз разом із потоком води, проходячи через горизонти з різною пористістю та сорбційною здатністю. У посушливі періоди, навпаки, вода з нижніх шарів піднімається догори, несучи із собою солі, нітрати, важкі метали, що можуть концентруватися у верхньому горизонті й ставати доступними для рослин.

Особливої уваги заслуговують ґрунтово-геохімічні бар'єри — природні ділянки профілю, де відбувається інтенсивне затримання або перетворення забруднень. Серед них виділяють гумусовий, карбонатний, глейовий, ілювіальний та інші бар'єри. Наприклад, у гумусовому горизонті органічна речовина активно сорбує важкі метали та пестициди; у карбонатних горизонтах утворюються нерозчинні карбонати металів; у глейових зонах відновні умови сприяють змінам валентності деяких елементів, що знижує їх рухомість. Завдяки цим процесам ґрунт виконує роль природного захисного механізму, але за надмірних навантажень бар'єри перенасичуються і втрачають здатність стримувати забруднення.

Не менш важливим є вплив біологічних властивостей ґрунту. Мікроорганізми можуть як сприяти розкладу токсикантів, так і, навпаки, активувати їх, утворюючи більш рухомі форми. Деякі бактерії здатні зв'язувати або окиснювати важкі метали, зменшуючи їх токсичність, тоді як інші процеси біотрансформації можуть підвищувати біодоступність органічних забрудників. Біота ґрунту відіграє значну роль і в структуроутворенні: добре агрегована структура знижує швидкість інфільтрації й підвищує затримання забруднень, тоді як деградовані ґрунти з порушеною структурою стають більш проникними для токсикантів.

Таким чином, поведінка забруднюючих речовин у ґрунтовому середовищі є результатом взаємодії багатьох факторів: фізичних, хімічних, біологічних і гідрогеологічних. Розуміння цих механізмів дозволяє не лише прогнозувати рівень небезпеки забруднення, але й проводити ефективні заходи з охорони, рекультивації та раціонального використання ґрунтового покриву. Саме тому аналіз властивостей ґрунту є ключовим етапом у будь-якій системі санітарної оцінки, адже від них залежить ступінь ризику, швидкість міграції та тривалість збереження токсикантів у природному середовищі.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які властивості ґрунту визначають його здатність утримувати або пропускати забруднюючі речовини?
2. Чому сорбційна здатність і вміст гумусу є ключовими у формуванні буферності ґрунту?
 3. Як кислотність ґрунту впливає на рухомість важких металів та інших токсикантів?
 4. Які процеси зумовлюють низхідну та висхідну міграцію забруднень у ґрунтовому профілі?
 5. Яке значення мають ґрунтово-геохімічні бар'єри у затриманні та трансформації токсичних речовин?
 6. Яким чином мікроорганізми впливають на розклад, фіксацію або мобілізацію забруднювачів у ґрунті?
 7. Чому різні типи ґрунтів (піщані, глинисті, карбонатні) демонструють різний рівень вразливості до забруднення?

РОЗДІЛ 3. ХІМІЧНЕ ТА РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

Хімічне забруднення ґрунтів є однією з найпоширеніших форм деградації ґрунтового середовища, оскільки саме хімічні речовини — важкі метали, пестициди, промислові відходи, залишки добрив, нафтопродукти — здатні тривалий час зберігатися в ґрунті, змінювати його властивості та створювати загрозу для живих організмів. ґрунт виступає середовищем, де ці речовини можуть накопичуватися, мігрувати, трансформуватися або переходити в рухомі форми, що визначає їх доступність для рослин і ризик потрапляння в харчові ланцюги.

Одним із найбільш небезпечних типів хімічного забруднення є накопичення важких металів. Важкі метали не розкладаються під впливом природних процесів і здатні роками залишатися у ґрунті. Їхня токсичність визначається як концентрацією, так і рухомістю. Наприклад, кадмій є одним із найбільш рухомих елементів, легко переходить у кореневу систему рослин та накопичується в тканинах. Свинець, навпаки, менш рухомий, але має високу токсичність і може тривалий час фіксуватися у верхньому горизонті ґрунту. Ртуть здатна утворювати надзвичайно токсичні органічні форми, а миш'як — входити до складу промислових і пестицидних сполук, які відзначаються високою стійкістю. Усі ці елементи становлять загрозу для здоров'я людини, оскільки накопичуються в рослинах, підземних водах та харчових продуктах.

Важкі метали можуть надходити у ґрунт з різних джерел: атмосферних викидів промислових підприємств, транспорту, фосфорних добрив, металургійних процесів, спалювання відходів, місць складування промислового шламу. Інтенсивність їх накопичення залежить від типу ґрунту, його кислотності, вмісту органічної речовини,

глибинних геохімічних бар'єрів та режиму зволоження. У кислих ґрунтах підвищується рухомість багатьох металів, а в лужних — вони частіше зв'язуються у важкорозчинні сполуки. Тому однакове техногенне навантаження може давати абсолютно різні наслідки для ґрунтів різного типу.

3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБРУДНЕННЯ ОКРЕМИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

3.1.1. Кадмій у ґрунтах

Кадмій належить до найнебезпечніших елементів хімічного забруднення ґрунтів через високу рухомість і здатність легко переходити у ґрунтовий розчин. Він надходить з фосфорних добрив, відходів металургійних підприємств, транспортних викидів та промислових шлаків. Кадмій практично не зв'язується у важкорозчинні форми в кислих і легких ґрунтах, через що накопичується у коренях та надземних органах рослин, звідки потрапляє у харчовий ланцюг. Тривале надходження кадмію спричиняє підвищення його концентрацій у рослинницькій продукції та може мати токсичний вплив на людину — ураження нирок, опорно-рухового апарату, порушення ферментативних процесів. Стійкість кадмію в ґрунті робить його одним із ключових об'єктів санітарного контролю.

3.1.2. Ртуть у ґрунтовому середовищі

Ртуть може надходити в ґрунт у різних формах: елементарній, неорганічній та органічній. Найбільш токсичною є органічна метилртуть, яка утворюється в анаеробних умовах за участі мікроорганізмів. Джерелами ртуті є хімічна промисловість, спалювання вугілля, відходи виробництва приладів, у минулому — ртутьорганічні пестициди. Ртуть має низьку сорбцію на мінералах та органічних колоїдах, що сприяє її міграції. Вона здатна переходити у газоподібний стан і повторно забруднювати атмосферу. В організмі людини ртуть уражає нервову систему, викликає порушення функцій нирок та печінки, а тому її накопичення у ґрунті є надзвичайно небезпечним.

3.1.3. Свинець

Свинець характеризується порівняно низькою рухомістю, оскільки добре сорбується органічною речовиною та глинистими мінералами, однак його токсичність залишається дуже високою. Основні джерела забруднення: викиди транспорту (особливо у минулому при застосуванні етилованого бензину), металургійні підприємства, фарбувальні матеріали, акумуляторні заводи. У ґрунті свинець накопичується переважно у верхньому гумусовому горизонті, де може зберігатися десятки років. Він пригнічує ріст рослин, порушує ферментативні реакції, у людей викликає ураження нервової системи та анемії. Хоча рухомість свинцю невелика, він легко засвоюється коренями деяких культур у кислих ґрунтах.

3.1.4. Нікель

Нікель є елементом подвійної природи: у малих концентраціях він виконує певні біологічні функції, але при накопиченні стає токсичним для рослин, тварин і людини. У ґрунт він надходить із відходів металургії, спалювання мазуту, промислових добрив. Нікель чутливий до кислотності: у кислих ґрунтах його рухомість та доступність значно зростають. Ґрунти з високим вмістом гумусу затримують нікель, але за умов переокислення або надмірного зволоження він може переходити у більш рухомі форми. Токсичний вплив проявляється в інгібіції росту кореневої системи та порушенні фотосинтезу.

3.1.5. Хром

Поводження хрому в ґрунтах значною мірою залежить від валентного стану елемента. Тривалентний хром (Cr^{3+}) менш рухомий і менш токсичний, тоді як шестивалентний хром (Cr^{6+}) є високотоксичним, канцерогенним і легкорозчинним. Джерела хрому — металургійні виробництва, відходи шкіряної промисловості, поліграфічні підприємства. У відновних умовах ґрунту токсичні форми Cr^{6+} можуть відновлюватися до Cr^{3+} , тоді як в аеробних та лужних — навпаки, переходити у більш рухомі й небезпечні форми. Хром пригнічує ріст рослин, порушує ділення клітин та викликає мутації.

3.1.6. Кобальт

Кобальт є мікроелементом, необхідним для синтезу вітаміну B_{12} , але його надлишок у ґрунті є токсичним. Основні джерела — металургійні викиди, горіння вугілля, відвали рудних підприємств. Кобальт інтенсивно адсорбується гідроксидами заліза і марганцю, тому в ґрунтах із високим вмістом цих мінералів його рухомість невелика. Але у кислих та органічних ґрунтах він може переходити в легкорозчинні форми. Токсичність кобальту для рослин проявляється у хлорозі, пригніченні росту та порушенні азотного обміну.

3.1.7. Миш'як

Миш'як належить до елементів із високою загальнотоксичною дією. Він надходить у ґрунти з мінеральних добрив, пестицидів (особливо старих арсенових препаратів), побутових відходів, відвалів гірничих підприємств. Миш'як існує у ґрунті в органічних і неорганічних формах, причому неорганічні сполуки є значно токсичнішими. Деякі мікроорганізми здатні підвищувати рухомість миш'яку завдяки процесам метилування. Він легко накопичується у рослинах і може завдавати серйозної шкоди здоров'ю людини, викликаючи ураження шкіри, печінки та нервової системи.

3.1.8. Сурма

Сурма є менш поширеним, але небезпечним техногенним забруднювачем. Вона надходить у ґрунти з відходів промисловості, особливо з виробництва акумуляторів, електроніки, полімерів. Найчастіше сурма накопичується у поверхневому горизонті, де її рухомість залежить від ступеня окиснення та рН ґрунту. У кислих умовах рухомість елемента підвищується, що збільшує ризики його потрапляння у рослини. Токсична дія сурми пов'язана з порушенням діяльності ферментних систем і можливим канцерогенним ефектом.

3.1.9. Ванадій

Ванадій надходить у ґрунти внаслідок роботи металургійних підприємств, спалювання мазуту, видобутку корисних копалин. Він може стати рухомим за підвищеної кислотності ґрунту або при надлишковому зволоженні. Органічна речовина добре зв'язує ванадій, зменшуючи його токсичність. Проте у легких, малогумусних ґрунтах цей елемент може потрапляти у ґрунтовий розчин і накопичуватися в рослинах. Надлишок ванадію порушує обмін азоту та активність ферментів.

3.1.10. Стронцій

Стронцій у природних умовах існує у формі стабільних ізотопів, однак його радіоактивний аналог Sr-90 є одним із найнебезпечніших продуктів ядерних аварій. Він хімічно подібний до кальцію, тому легко засвоюється рослинами та може заміщувати кальцій у кістковій тканині людини й тварин. У ґрунті стронцій фіксується слабо,

особливо в легких та кислих ґрунтах, що підвищує його міграційну здатність. Глинисті та карбонатні ґрунти здатні затримувати його значно ефективніше.

Таблиця 1. Характеристика важких металів у ґрунтового середовищі

Елемент	Рухомість у ґрунті	Токсичність	Основні джерела забруднення	Екологічні та біологічні наслідки
Кадмій	Висока, особливо у кислих легких ґрунтах	Дуже висока, легко засвоюється рослинами	Фосфорні добрива, металургія, транспорт, техногенні викиди	Накопичення у харчових продуктах, ураження нирок, кісткової системи
Ртуть	Помірна, органічні форми дуже рухомі	Надзвичайно висока, особливо метилртуть	Спалювання вугілля, хімічна промисловість	Нейротоксичність, ушкодження печінки й нирок
Свинець	Низька, міцно зв'язується гумусом та глинистими мінералами	Небезпечний навіть у малих концентраціях	Транспортні викиди, фарби, акумулятори	Ураження нервової системи; порушення розвитку рослин
Нікель	Зростає при зниженні рН; у гумусних ґрунтах - нижча	Середня→висока; залежить від концентрації	Викиди металургії, спалювання мазуту, добрива	Пригнічення росту, порушення фотосинтезу, токсичність для мікробіоти
Хром	Cr ³⁺ - низька; Cr ⁶⁺ - висока	Cr ⁶⁺ - дуже висока, канцерогенна	Металургія, шкіряна промисловість, поліграфія	Мутагенність, токсичність для рослин, небезпека для здоров'я людини
Кобальт	Невисока в глинистих Fe/Mn-багатих ґрунтах; зростає при низькому рН	Середня; надлишок токсичний	Металургія, спалювання вугілля, відвали рудників	Хлороз рослин, порушення азотного обміну, токсичність для тварин
Миш'як	Висока, залежить від форми; метиловані форми мобільніші	Дуже висока; сильний загальнотоксичний ефект	Пестициди, відвали шахт, мінеральні добрива	Ураження шкіри, печінки, канцерогенність, біоаккумуляція

Сурма	Помірна → висока в кислих ґрунтах	Висока; має канцерогенну дію	Електроніка, акумулятори, полімери, техногенні відходи	Порушення ферментативних систем, ризики накопичення
Ванадій	Невисока в гумусних ґрунтах; підвищується при закисленні	Середня; у високих концентраціях токсичний.	Металургія, спалювання мазуту, видобуток корисних копалин	Порушення ферментативної активності, токсичність для мікробіоти
Стронцій	Рухомість висока у легких та кислих ґрунтах; низька в глинистих	Радіоактивний Sr-90 - дуже токсичний	Ядерні аварії, фосфорні добрива, промислові викиди	Замінює кальцій у рослинах і кістках, радіаційне опромінення

Таблиця 2. Вплив кислотності ґрунту (pH) на рухомість важких металів

Елемент	Рухомість у кислих ґрунтах (pH < 5,5)	Рухомість у нейтральних ґрунтах (pH 6,0–7,5)	Рухомість у лужних ґрунтах (pH > 7,5)	Вплив pH
Кадмій	Дуже висока	Середня	Низька	Кадмій легко переходить у рухомі форми при зниженні pH
Ртуть	Органічні форми - висока	Низька	Низька	Метил ртуть може бути рухомою при низькому pH; неорганічні форми малорухомі
Свинець	Підвищена рухомість	Низька	Дуже низька	У лужних ґрунтах утворює нерозчинні сполуки; найрухоміший у кислих
Нікель	Висока	Середня	Низька	Кисле середовище значно збільшує розчинність нікелю
Хром	Дуже висока	Середня	Середня	Токсична форма Cr ⁶⁺ рухома у кислих ґрунтах; Cr ³⁺ менш рухомий
Кобальт	Висока	Середня	Низька	Підкислення підсилює

				мобільність, особливо у торфових ґрунтах
Миш'як	Зростає рухомість As(III)	Середня	Зростає рухомість As(V)	Форму рухомості визначає валентність та окисно-відновні умови
Сурма	Висока	Середня	Низька	Антимонати краще фіксуються у лужних та нейтральних ґрунтах
Ванадій	Підвищена	Середня	Низька	При низькому рН рухомість більш зростає
Стронцій	Висока	Середня	Низька	Кислі й легкі ґрунти найбільше сприяють його міграції

ВИСНОВОК:

1. **Найбільш небезпечним фактором є підкислення ґрунтів**, адже саме при низькому рН різко зростає рухомість більшості важких металів.
2. **Лужні ґрунти мають найкращу буферність** щодо важких металів завдяки утворенню нерозчинних гідроксидів і карбонатів.
3. **Нейтральні ґрунти — найбільш стабільні**, але зміна умов зволоження може змістити рівновагу.
4. **Контроль рН — ключовий елемент санітарної оцінки ґрунтів**, оскільки навіть за незначного забруднення підкислення може різко підвищити ризики токсичності.

3.2. РАДІАЦІЙНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

Радіаційне забруднення ґрунтів є одним із найбільш небезпечних видів техногенного впливу на довкілля, оскільки воно має тривалий характер, здатність до накопичення та практично необоротний вплив на всі компоненти біосфери. Ґрунт виступає головним депо, у якому затримуються радіонукліди, що випадають з атмосфери або потрапляють у середовище внаслідок аварій на ядерних об'єктах, випробувань ядерної зброї, несанкціонованих викидів чи порушення правил поводження з радіоактивними матеріалами. Особливість радіоактивного забруднення полягає в тому, що воно не підлягає природному розкладу в короткі терміни, і період його небезпечності може становити десятки або сотні років.

Радіонукліди після надходження в ґрунт зазнають низки процесів: частина їх фіксується мінеральною матрицею, частина переходить у доступні для рослин форми, а певна кількість може мігрувати вниз по профілю або переноситися водними потоками. Поведінка радіонуклідів залежить від їхнього хімічного характеру, валентності,

розчинності та здатності утворювати комплекси з органічними речовинами. Наприклад, цезій-137 має високу спорідненість до глинистих мінералів і здебільшого переходить у малорухомі форми, тоді як стронцій-90 за своєю хімією подібний до кальцію, а тому легко засвоюється рослинами та може інтенсивно циркулювати в біологічних системах.

Рівень радіаційного забруднення ґрунтів визначається активністю радіонуклідів, їхньою рухомістю та біодоступністю. Ґрунти з різним гранулометричним складом та хімічними властивостями по-різному впливають на фіксацію або міграцію радіоактивних ізотопів. Глинисті та суглинкові ґрунти, як правило, утримують радіонукліди значно міцніше, ніж піщані, завдяки високому вмісту мінералів із розвиненою сорбційною поверхнею. Наявність гумусу здатна як посилювати фіксацію радіонуклідів, так і збільшувати їх рухомість у разі утворення розчинних органо-мінеральних комплексів. Кислотність ґрунтового середовища також відіграє важливу роль: у кислих ґрунтах рухомість стронцію значно зростає, тоді як цезій залишається більш стабільним.

Надзвичайно важливим аспектом радіаційного забруднення є його вплив на сільськогосподарські культури. Радіонукліди здатні накопичуватися у рослинах та потрапляти у харчові продукти. Це створює ризики як для людей, так і для тварин. Ступінь накопичення залежить від виду рослин, типу ґрунту, наявності конкурентних елементів (зокрема калію для цезію) та фізіологічних особливостей культури. Коренеплоди зазвичай накопичують більше стронцію, тоді як зернові частіше містять підвищений вміст цезію. Цей процес має значення для визначення придатності продукції до споживання та планування агротехнічних заходів у зонах забруднення.

Радіаційне забруднення ґрунтів становить загрозу не лише через прямий вплив на людину, а й через деградацію природних екосистем. Порушення мікробіологічної активності, зниження біорізноманіття, зміни в деструктивних і синтетичних процесах, пригнічення ферментативної активності ґрунтів призводять до зниження їхньої продуктивності та стійкості. В умовах тривалого радіаційного тиску ґрунтові організми зазнають мутацій, що може змінювати структуру та функції екосистем у невідновний спосіб.

Методи визначення радіонуклідів у ґрунтах базуються на гамма- та бета-спектрометрії, які дають змогу ідентифікувати ізотопи за характером їх випромінювання. Ці методи дозволяють оцінити як активність окремих радіонуклідів, так і сумарне радіаційне навантаження на територію. Важливим елементом є також визначення рухомих форм радіонуклідів, що дозволяє прогнозувати їхню біодоступність і потенційну міграцію. Саме аналіз рухомих форм визначає реальний екологічний ризик, оскільки валова активність не завжди корелює з можливістю переходу радіонуклідів у харчові ланцюги.

За результатами радіологічного аналізу ґрунти класифікують за рівнем небезпеки, визначають можливість їх використання у сільському господарстві та потребу в обмеженнях або рекультиваційних заходах. У забруднених зонах застосовують агротехнічні та меліоративні прийоми — внесення калійних добрив для зниження накопичення цезію, вапнування кислих ґрунтів для зменшення рухомості стронцію, фітомеліорацію, зняття та ізоляцію поверхневого шару ґрунту. Моніторинг радіаційної ситуації є обов'язковою умовою стабільного та безпечного землекористування.

Таким чином, радіаційне забруднення ґрунтів є складним, багатофакторним процесом, що формує довготривалі екологічні та гігієнічні наслідки. Його оцінка потребує комплексного підходу, що включає хімічні, фізико-хімічні, біологічні та агрономічні аспекти, а також розробки адаптованих заходів управління забрудненими територіями. Радіаційний вплив на ґрунт є прикладом нагадування про вразливість природних систем і необхідність відповідального ставлення до джерел іонізуючого випромінювання.

Карта радіонуклідного забруднення України.

29



Карта характеризує стан поверхневого забруднення території України по радіонуклідам - цезію-137 (^{137}Cs), стронцію-90 (^{90}Sr), америцію-241 (^{241}Am).

Карта природної радіоактивності України

25



Значну територію України складають давні докембрійські породи - граніти, гнейси, глини, що містять радіоактивні елементи і тому майже для всієї території України характерний природний радіоактивний фон величина якого становить 10-20 мкР/рік.

3.3. ПЕСТИЦИДНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ



Пестициди належать до найбільш поширених антропогенних забруднювачів ґрунтового середовища, оскільки їх застосування у сільському господарстві є систематичним та масштабним. До цієї групи належать інсектициди, фунгіциди, гербіциди, акарициди, нематоциди та інші препарати, спрямовані на захист рослин від шкідників, хвороб і бур'янів. Потрапляючи у ґрунт, пестициди можуть тривалий час зберігатися у верхньому горизонті, проходити процеси трансформації або мігрувати в нижні шари профілю та ґрунтові води. Їхня поведінка залежить від хімічної структури молекули, розчинності, сорбційних властивостей, ступеня леткості та стійкості до розкладання.

Особливо небезпечними є стійкі органічні забрудники, такі як хлорорганічні інсектициди, котрі здатні залишатися у ґрунті протягом десятиліть, практично не зазнаючи руйнування. Інші групи пестицидів, наприклад фосфорорганічні сполуки, хоча і мають коротший період напіврозпаду, однак характеризуються високою токсичністю та вираженою інгібуючою дією на ферментативні процеси у ґрунтовій біоті. Гербіциди системної дії можуть впливати на фізіологічні процеси не лише в рослинах-мішенях, а й у культурних рослинах, особливо у разі порушення регламентів застосування.

У ґрунтовому середовищі пестициди проходять процеси адсорбції органомінеральною матрицею, гідролізу, окиснення, фотолізу або біологічного розкладу. Швидкість цих процесів залежить від температури, вологості, кислотності та активності мікроорганізмів. У деяких випадках продукти розкладання пестицидів можуть бути токсичнішими, ніж вихідні речовини, що ускладнює оцінку безпеки. Певна частина пестицидів здатна переходити у рухомі форми і потрапляти у ґрунтовий розчин, створюючи ризики забруднення водних об'єктів.

Важливою проблемою є вплив пестицидів на ґрунтові організми. Багато препаратів пригнічують мікрофлору, знижують інтенсивність процесів нітрифікації, фосфорного та вуглецевого циклу, що негативно позначається на родючості ґрунтів. Токсичний вплив на безхребетних — дощових черв'яків, колембол, кліщів — порушує структуру ґрунтової екосистеми та знижує її здатність до самоочищення. Крім того, залишки пестицидів можуть накопичуватися в рослинницькій продукції, що створює прямі ризики для безпеки харчового ланцюга.

Пестицидне забруднення є складною екологічною проблемою, оскільки пов'язане зі стійкістю речовин, їхньою токсичністю, можливістю біоаккумуляції та трансформації у більш небезпечні форми. Для його контролю необхідні регулярний моніторинг, дотримання регламентів застосування препаратів, впровадження інтегрованих систем захисту рослин та використання екологічних альтернатив — біопрепаратів, резистентних сортів, агротехнічних прийомів, що зменшують потребу у хімічних засобах захисту.

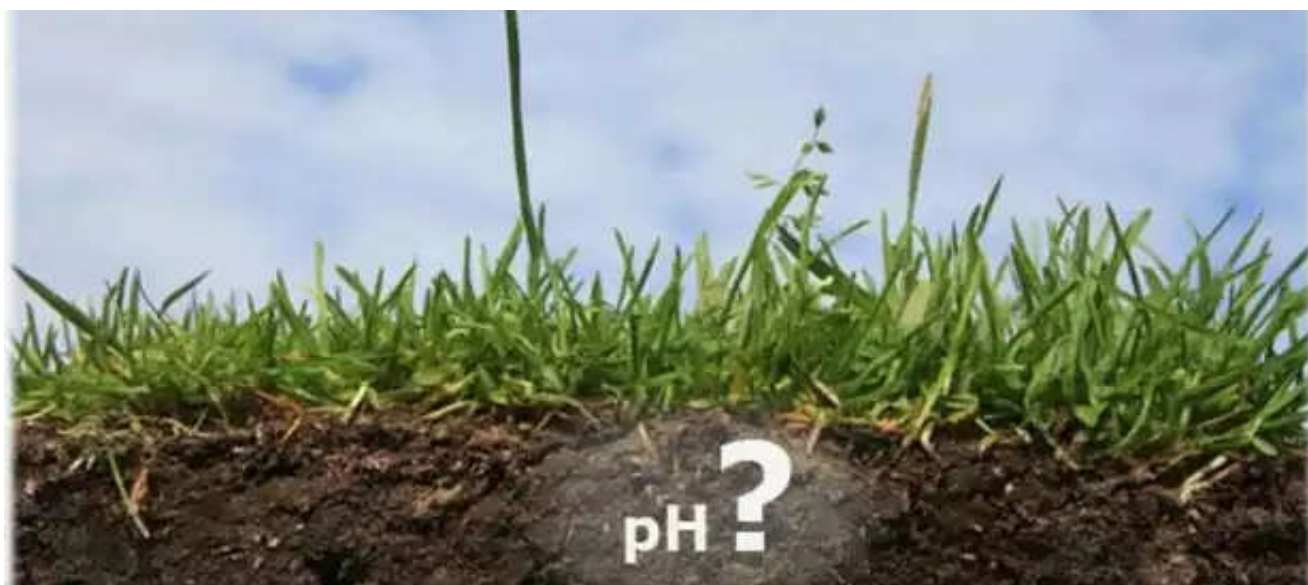
3.4. ДЕГРАДАЦІЯ ҐРУНТІВ ПІД ВПЛИВОМ КИСЛОТНИХ ОПАДІВ

Кислотні опади є одним із найбільш руйнівних факторів техногенного впливу на ґрунтове середовище. Вони виникають у результаті реакцій оксидів сірки, азоту та інших промислових викидів із атмосферною вологою, що призводить до утворення

сірчаної, азотної та інших кислот. Надходження кислотних опадів на поверхню ґрунту викликає низку глибоких хімічних і біологічних змін, що призводять до погіршення його родючості та екологічної стійкості.



Одним із перших проявів впливу кислотних опадів є зниження рН ґрунтового розчину, що створює умови для підвищення рухомості важких металів, зокрема



алюмінію, марганцю, кадмію та нікелю. У кислих ґрунтах ці елементи переходять у розчинні форми, здатні засвоюватися рослинами або мігрувати у ґрунтові води. Такий процес є небезпечним для рослин, оскільки надлишок алюмінію інгібує розвиток кореневої системи, пригнічує ріст та порушує обмін речовин. Підвищення рухомості металів створює загрозу токсичності для флори, фауни та людини через включення їх у харчові ланцюги

Кислотні опади також активно вимивають кальцій, магній та інші основи, відповідальні за буферність ґрунту. Втрата цих елементів призводить до зниження ємності катіонного обміну, погіршення структури ґрунту, зменшення його здатності утримувати поживні речовини та підвищення схильності до ерозійних процесів. Погіршення структурно-агрегатного стану ґрунту під впливом кислотних опадів знижує його водопроникність, а це сприяє поверхневому стоку та ерозії.

Важливо враховувати також біологічні наслідки кислотних опадів. Зниження рН негативно впливає на активність ґрунтових мікроорганізмів, особливо тих, що беруть участь у процесах нітрифікації та мінералізації органічної речовини. Це призводить до зменшення вмісту доступних форм азоту та інших елементів живлення. Кислотні умови

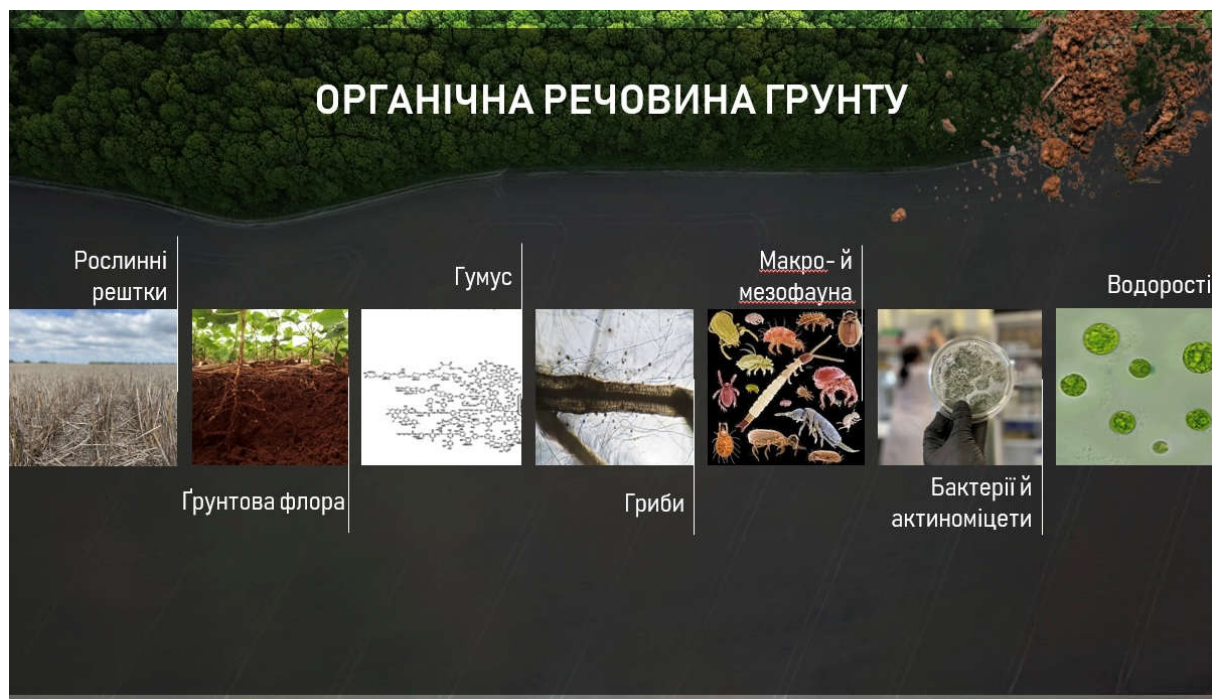
можуть викликати порушення у популяціях дощових черв'яків і дрібних ґрунтових організмів, що погіршує структуру ґрунту та знижує його екологічну стабільність.

У довгостроковій перспективі кислотні опади сприяють деградації ґрунтів, втраті родючості та зниженню стійкості агроландшафтів. Відновлення таких ґрунтів є тривалим процесом і потребує застосування вапнування, внесення органічних добрив, біопрепаратів і заходів для відновлення біологічної активності. Систематичний моніторинг кислотності та вмісту рухомих форм металів є необхідним для своєчасного виявлення деградаційних процесів і запобігання розвитку екологічних криз у регіонах з підвищеним рівнем техногенного навантаження.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які основні групи хімічних забруднювачів ґрунту виділяють у санітарно-гігієнічній практиці?
2. Чим небезпечні важкі метали і чому вони довго зберігаються у ґрунтовій системі?
3. Як властивості пестицидів визначають їхню екологічну поведінку та стійкість?
4. Яким чином кислотні опади впливають на деградацію ґрунтів?
5. Чому радіонукліди становлять довготривалу екологічну небезпеку?
6. Які процеси визначають біодоступність токсикантів у ґрунті?
7. Чим відрізняється локальне забруднення від ландшафтно-поширеного?

РОЗДІЛ 4. НОРМУВАННЯ, МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНКА САНИТАРНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ



Ґрунт є унікальною природною системою, що забезпечує розвиток рослинного покриву, підтримує кругообіг речовин і слугує середовищем життя для величезної кількості організмів. Його родючість та екологічна стабільність визначаються складною взаємодією органічних і мінеральних компонентів, у якій ключову роль відіграє органічна речовина ґрунту. Вона представлена рослинними рештками, гумусом,

грунтовою флорою, грибами, макро- і мезофауною, бактеріями, актиноміцетами та водоростями — тобто всією спільнотою живих і напіврозкладених структур, що забезпечують ґрунту його найцінніші властивості.

Ці компоненти формують складну й тонко збалансовану систему, яка визначає здатність ґрунту до самоочищення, стабільності, біологічної продуктивності та опору деградаційним процесам. Проте техногенні навантаження, хімічне забруднення, порушення землекористування та інші антропогенні фактори здатні руйнувати цю систему, знижуючи рівень органічної речовини й порушуючи функції ґрунтової біоти. Як тільки життєві компоненти ґрунту втрачають здатність виконувати свої екологічні ролі, ґрунт перестає бути повноцінним середовищем існування, а його здатність до самовідновлення різко зменшується.

Саме тому рекультивация та екологічне оздоровлення забруднених ґрунтів вимагають комплексного підходу, який враховує не лише хімічний склад ґрунту, а й стан його біологічних компонентів, рівень гумусу, активність мікроорганізмів і структурно-функціональну цілісність екосистеми. На цьому ґрунтується концепція сучасної рекультивации — не просто технічного усунення забрудників, а відновлення життєздатності ґрунту як природної системи.

Подане зображення наочно демонструє, що ґрунт є живим багатокомпонентним середовищем, і будь-які порушення у його структурі неминуче відображаються на всіх рівнях — від рослинного покриву до мікробіологічних процесів. Тому першим кроком у рекультивации є розуміння того, як працює ґрунт у природному стані, які фактори забезпечують його стійкість і які умови необхідні для відновлення його функцій після техногенного впливу.

4.1. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ

Рекультивация ґрунтів є системою природоохоронних заходів, спрямованих на відновлення екологічних, санітарних і господарських функцій земель, що зазнали техногенного або хімічного забруднення. Ґрунт, як складна біоорганомінеральна система, реагує на антропогенний вплив втратою структури, зменшенням вмісту органічної речовини, порушенням біологічної активності та зміною хімічної рівноваги. Тому процес його реабілітації повинен ґрунтуватися на розумінні природних механізмів формування і відновлення ґрунтових функцій.

Одним із ключових принципів рекультивации є **комплексність**, яка передбачає одночасний вплив на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту. Успішне відновлення неможливе без глибокого аналізу типу забруднення, його джерел, шляхів міграції та потенційної небезпеки для екосистеми. Рекультивация повинна не просто усувати наслідки забруднення, а створювати умови для стабільного функціонування ґрунтової системи у майбутньому.

Важливим є принцип **припинення або локалізації надходження токсикантів**, адже жодні відновлювальні заходи не будуть ефективними, якщо джерело забруднення продовжує діяти. Це включає припинення витоків хімічних речовин, ізоляцію промислових відходів, облаштування санітарних зон та усунення факторів, що спричиняють вторинне забруднення території. Після усунення джерела впливу ґрунт отримує можливість вступити у фазу природного або керованого відновлення.

Одним із центральних принципів є **використання природних механізмів самоочищення ґрунту**. Органічна речовина, мікроорганізми, ґрунтова фауна та рослинний покрив забезпечують безперервний процес трансформації та детоксикації шкідливих речовин. Під час рекультивації важливо створити умови, у яких ці процеси відбуватимуться максимально інтенсивно: відрегулювати кислотність, покращити структуру ґрунту, підвищити вміст гумусу, активізувати мікробіологічну діяльність. Повернення ґрунту до стану біологічної рівноваги є основою довготривалого екологічного відновлення.

Принцип **адаптивності та індивідуального підходу** передбачає, що вибір технологій рекультивації залежить від природи конкретного забруднювача. Важкі метали потребують переважно стабілізації, органічні токсиканти — біохімічної деструкції, а радіонукліди — фіксації у ґрунтовій матриці або вилучення разом із рослинною біомасою. Жоден метод не є універсальним, тому практичні заходи розробляють з урахуванням типу ґрунту, його властивостей, гідрологічних умов, глибини залягання токсикантів та їхнього потенціалу міграції.

Ключовим елементом рекультивації є **поєднання технічного та біологічного етапів**. На технічному етапі створюють передумови для подальшого відновлення: ізолюють або видаляють забруднений шар ґрунту, проводять дренаж, вапнування, внесення реагентів чи сорбентів, коригують рельєф. Біологічний етап включає формування рослинного покриву, відновлення мікробіоти, накопичення органічної речовини та стабілізацію ґрунтової структури. Саме біологічні процеси забезпечують довгострокову екологічну стійкість відновлених територій.

Особливе значення має принцип **моніторингу та контролю ефективності**. Рекультивація — це тривалий процес, і її результати проявляються поступово. Необхідно регулярно оцінювати концентрації забрудників, зміну їхніх рухомих форм, стан ґрунтової біоти, показники родючості та екологічні ризики. Моніторинг дозволяє коригувати застосовані заходи, підсилювати їх або змінювати залежно від динаміки відновлення.

Загалом принципи рекультивації ґрунтів формують наукову основу для розроблення екологічно доцільних і ефективних стратегій відновлення земель. Вони забезпечують поєднання природних процесів з технологічними рішеннями, орієнтуючись на повернення ґрунту його життєздатності, екологічної ролі та продуктивного потенціалу. Реалізація цих принципів дозволяє формувати стійкі екосистеми та мінімізувати негативні наслідки техногенного впливу, забезпечуючи безпечно використання земель у довгостроковій перспективі.

4.2. ТЕХНІЧНА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ

Технічна рекультивація є першим і надзвичайно важливим етапом екологічного відновлення порушених або забруднених ґрунтів. Її основне завдання полягає у створенні таких умов, за яких ґрунт може бути безпечно введений у подальший біологічний процес відновлення. На цьому етапі здійснюються інженерні та технологічні заходи, спрямовані на усунення або ізоляцію токсичних речовин, стабілізацію території, формування нового ґрунтового профілю або покращення фізичних характеристик ґрунту, що забезпечують придатність земель для подальшого використання.

Одним з головних принципів технічної рекультивації є **локалізація та мінімізація ризиків**, пов'язаних із міграцією забруднювачів. Залежно від типу

токсиканту, його концентрації та глибини залягання застосовують різні інженерні рішення. В умовах надмірного забруднення поверхневого шару ґрунту, коли концентрації небезпечних сполук значно перевищують нормативи, може бути здійснене **механічне видалення забрудненого шару**. Видалений матеріал підлягає подальшому захороненню або спеціальній обробці, а поверхня укривається чистим ґрунтом або техногенними субстратами.

У ситуаціях, коли повне видалення забруднення не є доцільним або можливим, застосовують методи **ізоляції токсикантів**. Ізоляція може здійснюватися шляхом перекриття забрудненого горизонту шаром глини, піску, геотекстильних матеріалів чи спеціальних протифільтраційних екранів. Це дозволяє запобігти вертикальній або горизонтальній міграції токсичних речовин, особливо у випадку радіонуклідів та важких металів, які здатні забруднювати підземні або поверхневі води.

Значну роль відіграють також **землепорядні та планувальні роботи**, що передбачають вирівнювання рельєфу, формування схилів із відповідною стійкістю, створення дренажних систем і водовідвідних каналів. Ці заходи спрямовані на запобігання ерозії, зсувам та накопиченню стічних вод, що можуть переносити забруднювачі на інші ділянки. Належно організована система дренажу є необхідною для територій із високим рівнем підтоплення або підвищеною вологістю ґрунту, де токсиканти можуть мігрувати разом із ґрунтовими водами.

У разі наявності органічних забрудників, таких як нафтопродукти або стійкі пестициди, можуть застосовуватися методи **термічної та фізико-хімічної обробки ґрунту**. Термодеструкція забезпечує руйнування складних органічних молекул шляхом нагрівання ґрунту до високих температур. Фізико-хімічні методи включають ґрунтове промивання, використання реагентів, що переводять токсиканти у легше видалюємі форми, або застосування мембранних технологій. Ці способи особливо актуальні для локальних зон надзвичайного забруднення, де природні механізми самоочищення є недостатніми.

Окрему групу заходів становить **стабілізація та фіксація токсичних речовин у ґрунті**. Вона досягається внесенням матеріалів, здатних зв'язувати металеві іони або створювати бар'єри для їхньої міграції. Наприклад, вапнування знижує мобільність кадмію, свинцю та нікелю шляхом підвищення рН і утворення важкорозчинних сполук. Використання бентонітів, цеолітів або активованих глин сприяє сорбції органічних і неорганічних токсикантів, тимчасово зменшуючи їхню біодоступність і міграційний потенціал.

Технічна рекультивация має ще одну важливу функцію — **підготовку субстрату для біологічного відновлення**. Після завершення інженерних робіт ґрунт повинен мати фізичні властивості, що забезпечують формування рослинного покриву: достатню потужність родючого шару, оптимальну структуру, водоутримувальну здатність, аерацію й проникність. У багатьох випадках формується штучний ґрунтовий профіль із використанням органо-мінеральних сумішей, компостів або техноземів.

Усі заходи технічної рекультивации мають оцінюватися з позиції довгострокової екологічної безпеки. Тому важливо враховувати не лише поточне усунення забруднення, а й потенціал території до відновлення природних функцій та можливі ризики повторного забруднення. Лише за умови ретельно спланованої технічної рекультивации можливе ефективне застосування біологічних методів, що становлять наступний етап оздоровлення ґрунтів.

4.3. ХІМІЧНІ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ

Хімічні та фізико-хімічні методи відновлення ґрунтів становлять важливу частину рекультиваційних технологій, оскільки вони спрямовані на зміну хімічної форми, рухомості та токсичності забруднювачів. Ці методи забезпечують швидке зниження небезпеки на забруднених територіях та створюють передумови для подальшого біологічного відновлення. Їх застосування особливо ефективно у випадках, коли природні механізми самоочищення ґрунту є недостатніми або коли забруднення має високий ступінь токсичності та здатне мігрувати у навколишнє середовище.

Одним із найпоширеніших хімічних заходів є **вапнування ґрунтів**, що застосовується для нейтралізації кислотності та зменшення рухомості важких металів. Підвищення рН сприяє переходу кадмію, нікелю, свинцю, міді та інших металів у важкорозчинні карбонати, фосфати або гідроксиди, що істотно знижує їх біодоступність. Вапнування також створює сприятливі умови для розвитку ґрунтової мікрофлори, покращує структуру та водоутримувальні властивості ґрунту, тим самим підтримуючи процеси самоочищення.

Хімічні методи відновлення ґрунтів: швидко, ефективно, необхідно

Відновлення ґрунтів — критична потреба для України, де понад 4,4 млн гектарів земель потребують реабілітації. Хімічні методи дають швидкі результати та ефективно борються з деградацією.



Вапнування ґрунтів

Нейтралізація кислотності, покращення структури, зниження токсичності важких металів. Ключовий метод для 4,4 млн га кислих земель в Україні.



Мінеральні добрива

Азотні, фосфорні та калійні добрива відновлюють поживний баланс, забезпечують рослини необхідними елементами для росту і розвитку.



Хімічні гербіциди

Швидка боротьба з бур'янами, які забирають до 70% поживних речовин. Потребують обережного застосування для збереження екосистеми.

Реабілітація після військових дій

Хімічні методи — єдина можливість швидко реабілітувати землі, забруднені важкими металами та токсинами через вибухи, що втратили родючість.

Комплексний підхід

Сучасні українські розробки поєднують хімічні методи з біологічними для комплексного відновлення ґрунтів і збереження екосистеми.

Відновлення ґрунтів — це інвестиція у майбутнє нашої землі і продовольчої безпеки країни.

До хімічних методів належить **внесення сорбентів**, які здатні зв'язувати токсичні речовини та зменшувати їхню рухомість. Серед них найбільш широко використовуються цеоліти, бентонітові глини, активоване вугілля, торф, фероксиди, біовугілля та органо-мінеральні комплекси. Сорбенти мають високу питому поверхню, що дозволяє ефективно поглинати й утримувати як неорганічні, так і органічні токсиканти. Крім того, сорбційні матеріали можуть стабілізувати структуру ґрунту, підвищувати вміст органічної речовини та активність мікробіоти.

Особливе значення мають **методи хімічного окиснення та відновлення**, спрямовані на руйнування токсичних органічних сполук або зміну їхньої валентності та реакційної здатності. Такі методи ефективні при забрудненні стійкими органічними пестицидами, нафтопродуктами чи хлорорганічними речовинами. Використання окисників (пероксиду водню, калій перманганату, озону) або відновників (сірчаніх сполук, заліза у відновленій формі) дозволяє переводити органічні ксенобіотики у менш токсичні або повністю розкладені продукти. Водночас застосування таких реагентів потребує суворого контролю, оскільки надлишкові дози можуть негативно впливати на структуру ґрунту й активність мікроорганізмів.

До фізико-хімічних методів належать технології, засновані на переміщенні та вилученні забрудників за допомогою фізичних процесів. Одним із таких методів є **електрокінетична ремедіація**, що полягає у створенні електричного поля в ґрунті. Під його впливом іони металів та інші рухомі сполуки мігрують до електродів, де можуть бути зібрані та видалені. Цей метод є ефективним для глинистих і суглинкових ґрунтів, де традиційне промивання або фільтраційні методи малоефективні через низьку проникність.

Ґрунтове промивання застосовують у випадках забруднення розчинними токсикантами, зокрема солями, нітратами, стійкими органічними сполуками. Промивання здійснюється водою або спеціальними розчинами, здатними підвищувати розчинність або десорбцію забрудників. Ефективність промивання залежить від гранулометричного складу: піщані ґрунти промиваються швидко, тоді як глинисті потребують значно більших об'ємів води та часу.

Ще одним важливим фізико-хімічним методом є **термічна обробка ґрунту**, яка передбачає нагрівання забрудненого матеріалу до високих температур для руйнування органічних токсикантів. Термічні технології дозволяють досягти повної деструкції нафтопродуктів, пестицидів та інших стійких сполук, але вони є енергозатратними й застосовуються переважно на локальних ділянках з високим рівнем забруднення.

Основні фізико-хімічні методи відновлення ґрунтів

Відновлення деградованих ґрунтів є критично важливим завданням для збереження продуктивності сільськогосподарських земель. Сучасні фізико-хімічні методи дозволяють ефективно відновити родючість і покращити структуру ґрунту.



Вапнування

Усунення кислотності шляхом внесення вапнякових матеріалів. Норми внесення становлять 2-8 т/га залежно від рН ґрунту.

- Покращення структури ґрунту
- Підвищення біологічної активності
- Помітний ефект на 2-3 рік



Фіторемедіація

Використання обліпихи крушиновидної для очищення нафтозабруднених ґрунтів демонструє вражаючі результати.

- Очищення до 92,7% за 4 роки
- Відновлення мікробіологічної активності
- Екологічно безпечний метод



Мінеральні добрива

Збалансоване живлення рослин через правильне дозування NPK-комплексів.

- Підвищення родючості ґрунту
- Контроль дозування
- Запобігання забрудненню

У практиці рекультивації також використовують **флотацію, екстракцію органічними розчинниками, мембранні технології**, що дозволяють селективно вилучати токсичні речовини з ґрунтової маси. Ці методи часто поєднуються з хімічними заходами, утворюючи комбіновані системи очищення.

Загалом хімічні та фізико-хімічні методи відновлення ґрунтів забезпечують швидке зменшення небезпечності територій, але вони не є завершальним етапом рекультивації. Після хімічного очищення ґрунт потребує біологічного відновлення, оскільки лише відновлення мікробіологічної активності, гумусового стану та рослинного покриву забезпечує довготривалу екологічну стабільність. Успішне застосування цих методів полягає у поєднанні інженерних, хімічних та біологічних заходів, що дозволяє сформувати життєздатну, стійку та екологічно безпечну ґрунтову систему.

4.4. БІОЛОГІЧНА РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ТА ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ

Біологічна рекультивация є ключовим етапом у відновленні забруднених ґрунтів, оскільки вона забезпечує повернення ґрунтовій системі її природних функцій — біологічної активності, здатності до самоочищення, структуроутворення та підтримання кругообігу речовин. На відміну від технічних або хімічних методів, біологічні підходи ґрунтуються на використанні природних процесів і біоценозів, що робить їх екологічно безпечними, довготривалими та ефективними у формуванні стабільних екосистем.



Основою біологічної рекультивации є **фітомеліорація** — застосування рослин для очищення, стабілізації або трансформації забрудників. Рослини відіграють багаторівневу екологічну роль: вони не лише накопичують або фіксують шкідливі речовини, але й відновлюють структуру ґрунту, стимулюють розвиток мікроорганізмів,

Збережемо землю — збережемо майбутнє!

Раціональне землекористування

Застосовуйте науково обґрунтовані методи обробітку ґрунту. Впроваджуйте сівозміни, мінімізуйте ерозію та підтримуйте баланс поживних речовин для довгострокової продуктивності.

Долучайтеся до ініціатив

Приєднуйтеся до платформ моніторингу здоров'я ґрунтів, таких як BTU Soil Health. Разом ми створюємо базу знань для збереження української землі та її відновлення.

Спільна відповідальність

Кожен крок має значення: від фермера до науковця. Тільки об'єднавши зусилля, ми зможемо зупинити деградацію і повернути родючість нашим ґрунтам для майбутніх поколінь.

Відновлення ґрунтів — наш спільний обов'язок!

Поділіться цією інформацією з тими, кому небайдужа українська земля. Разом ми створимо стале майбутнє! 🌱

підвищують вміст органічної речовини та сприяють формуванню гумусу. Завдяки кореневій системі формується ґрунтова структура, покращується повітряний і водний режим, зменшується ризик ерозії.

У фітомеліорації виділяють кілька механізмів рослинного впливу. Першим з них є **фітоекстракція**, або поглинання рослинами важких металів та інших токсикантів із ґрунту. Для цього використовують рослини-гіперакумулятори, здатні концентрувати у своїй біомасі надзвичайно високі рівні металів — кадмію, нікелю, цинку, міді, свинцю. Надземна частина таких рослин зрізається і виноситься з території, що дозволяє поступово знижувати вміст токсикантів у ґрунті. Такий метод особливо ефективний для забруднених промислових зон або територій із розсіяним типом забруднення.

Іншим важливим механізмом є **фітстабілізація**, що передбачає використання рослин для фіксації забрудників у ґрунтовій матриці та зменшення їх рухомості. Рослинність створює бар'єр проти ерозії, а органічні речовини, що виділяються коренями, сприяють утворенню стабільних комплексів токсикантів з гумусовими та мінеральними сполуками. У результаті небезпечні речовини залишаються в нижчих ризикових формах і не мігрують у ґрунтові води або рослинну продукцію.

Важливе значення має також **фіторозклад**, або фіто-деградація — здатність рослин виділяти ферменти та стимулювати мікробні спільноти, які розкладають органічні токсиканти. Цей метод особливо ефективний у випадках забруднення нафтопродуктами, пестицидами, фенолами та іншими ксенобіотиками. Розкладання органічних забрудників у ризосфері (зоні активності коренів) є одним із найбільш перспективних напрямів сучасної екотехнології.

Біологічна рекультивация охоплює не лише рослинний компонент, але й **мікробіологічні процеси**, які відіграють важливу роль у відновленні функцій ґрунту. Бактерії та гриби здатні трансформувати токсичні речовини, зокрема органічні забрудники, шляхом ферментативного розкладання. Деякі мікроорганізми мають здатність окиснювати або відновлювати метали, переводячи їх у менш токсичні форми. Інтродукція спеціалізованих мікробних культур, як-от нафтоокиснювальних бактерій, прискорює процес біодеградації і суттєво скорочує час відновлення ґрунтової екосистеми.

Невід'ємною частиною біологічної рекультивации є **внесення органічних добрив і меліорантів**, таких як компости, перегній, сидерати, сапропелі, біовугілля. Вони збагачують ґрунт органічною речовиною, покращують його структуру, стимулюють розвиток мікроорганізмів, збільшують ємність катіонного обміну, знижують токсичність металів шляхом утворення органо-мінеральних комплексів. Органічні матеріали також сприяють формуванню стійкого гумусового горизонту — ключового елемента екологічної стійкості ґрунту.

Біологічна рекультивация має важливе довготривале значення, адже саме природні механізми забезпечують стабільність відновлених територій. На ділянках, де сформовано рослинний покрив, зменшуються процеси вітрової та водної ерозії, підвищується біорізноманіття, встановлюється рівновага між ґрунтовими компонентами. Біологічні методи не лише очищують ґрунт, а й відновлюють його природну родючість, що робить їх незамінними у завершальній фазі рекультивации.

Завдяки своїй екологічності, доступності та здатності забезпечувати довготривалий ефект біологічна рекультивация та фітомеліорація є ключовими складовими сучасних стратегій відновлення забруднених земель. Вони формують підґрунтя для створення стійких екосистем та повернення ґрунту його природної ролі — основи біологічного життя та продуктивності.

4.5. КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ҐРУНТІВ

Комплексні системи екологічної реабілітації ґрунтів становлять інтегрований підхід, що поєднує технічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні методи відновлення. Такий підхід є найефективнішим у випадках багатокomпонентного забруднення, коли токсичні речовини мають різну природу, механізм дії та ступінь небезпеки. Сучасні рекультиваційні технології ґрунтуються на принципі синергії: поєднання різних способів очищення дозволяє досягти результатів, які неможливо отримати при використанні лише одного методу. Комплексні системи забезпечують не лише усунення токсикантів, а й відновлення функціонування ґрунтових екосистем, повернення ґрунту здатності до самоочищення, родючості та біорізноманіття.

Першим елементом комплексних систем є **детальна діагностика ґрунтового стану**, яка охоплює хімічні, біологічні та фізико-хімічні показники. Визначення концентрацій та форм забрудників, рухомості токсичних елементів, показників кислотності, сорбційної ємності та активності мікробіоти дозволяє розробити індивідуальну стратегію відновлення території. На основі отриманих даних встановлюються пріоритети: де необхідна негайна технічна ізоляція, де — хімічна стабілізація, а де — біологічне відновлення.

У комплексних системах першочергову роль відіграє **технічний етап**, що включає локалізацію та усунення джерел забруднення, формування безпечного рельєфу, створення дренажних систем, видалення або ізоляцію найбільш токсичних ґрунтових горизонтів. У деяких випадках саме технічні заходи дозволяють швидко знизити ризики та запобігти подальшому поширенню токсикантів у ландшафті. Вони створюють основу для подальших етапів і визначають загальну ефективність рекультивації.

Після технічної стабілізації території застосовуються **хімічні та фізико-хімічні методи**, що забезпечують детоксикацію або фіксацію небезпечних речовин. Вапнування, внесення сорбентів, хімічне окиснення або відновлення, електрокінетична ремедіація, промивання ґрунтів — усі ці заходи спрямовані на зміну хімічного стану забрудників, переведення їх у менш токсичні або менш рухомі форми. У комплексних системах ці методи часто комбінуються, наприклад, сорбенти можуть застосовуватися одночасно з вапнуванням або біовугіллям для підвищення буферності ґрунту.

Важливою складовою комплексної реабілітації є **біологічний етап**, який запускає механізми природного відновлення ґрунту. Він включає фітомеліорацію, мікробіологічну реабілітацію, внесення органічних матеріалів та відновлення гумусового стану. Рослинність стабілізує ґрунтову поверхню, сприяє деструкції органічних токсикантів, знижує рухомість металів і формує стійкий ґрунтовий покрив. Мікроорганізми трансформують та руйнують шкідливі речовини, відновлюють кругообіг елементів та забезпечують довгострокову екологічну стабільність.

У комплексних системах відновлення ґрунтів підкреслюється важливість **послідовності та взаємодоповнюваності** різних методів. Наприклад, фітоекстракція є ефективною лише після того, як технічний етап обмежив надходження нових часток токсикантів, а хімічні методи знизили їхню рухомість. У свою чергу, біологічні методи є завершальною фазою, що формує стійку екосистему, здатну до саморегуляції. Ефект комплексної системи полягає в тому, що кожен етап підтримує інший, а усі вони разом створюють екологічно безпечний, життєстійкий ґрунтовий профіль.

Реалізація комплексних систем рекультивації буде неповною без **тривалого екологічного моніторингу**, який дозволяє оцінювати ефективність проведених заходів, контролювати динаміку вмісту забрудників, стан рослинного покриву та біогеохімічні процеси. Моніторинг дає можливість коригувати стратегії відновлення та своєчасно реагувати на можливі ризики повторного забруднення чи порушення ґрунтових функцій.

Комплексні системи екологічної реабілітації ґрунтів є найбільш ефективним та науково обґрунтованим підходом до відновлення порушених територій. Вони забезпечують глибоку трансформацію ґрунтових процесів, повертають землі їхню екологічну та господарську цінність та формують основу для сталого землекористування. Саме комплексність, адаптивність та поєднання природних і технічних методів роблять такі системи ключовим інструментом сучасної ґрунтоохоронної політики.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чому рекультивація ґрунтів розглядається як поетапний процес?
2. Які завдання виконує технічний етап рекультивації?
3. У чому полягають переваги та обмеження хімічних і фізико-хімічних методів очищення?
4. Які механізми лежать в основі фітомеліорації та чому вона ефективна?
5. Як мікроорганізми сприяють природному очищенню ґрунтів?
6. Чому для забруднених земель важливо відновити гумусовий горизонт?
7. Яке значення має довготривалий екологічний моніторинг після завершення рекультивації?

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Ґрунт як об'єкт санітарної оцінки: значення, функції та взаємозв'язки з компонентами довкілля.
2. Поняття санітарного стану ґрунту та основні чинники, що його формують.
3. Класифікація джерел забруднення ґрунтів: природні та антропогенні.
4. Механізми міграції забруднюючих речовин у ґрунтового профілі.
5. Властивості ґрунту, що визначають рухомість і токсичність хімічних елементів.
6. Характеристика забруднення ґрунтів важкими металами: кадмій, свинець, ртуть, нікель, хром, кобальт, миш'як, сурма, ванадій, стронцій.
7. Поведінка пестицидів у ґрунті: стійкість, трансформація, міграція.
8. Вплив кислотних опадів на властивості та санітарний стан ґрунтів.
9. Радіаційне забруднення ґрунтів та його екологічні наслідки.
10. Класифікація ґрунтів за рівнем санітарної небезпеки.
11. Методи відбору ґрунтових проб для санітарної оцінки.
12. Хімічні методи визначення забруднення ґрунтів та інтерпретація результатів.
13. Роль мікробіологічних показників у оцінці санітарного стану ґрунтів.
14. Біотестування ґрунтів: можливості, показники, обмеження.
15. Гігієнічні нормативи (ГДК, ОДК): призначення, застосування, приклади.
16. Основні принципи рекультивации забруднених ґрунтів.
17. Завдання та зміст технічної рекультивации.
18. Хімічні та фізико-хімічні методи очищення ґрунтів.
19. Біологічна рекультивация та фітомеліорація: механізми та приклади.
20. Комплексні системи екологічної реабілітації ґрунтів.
21. Самоочисна здатність ґрунту та її значення у формуванні екологічної безпеки.
22. Вплив ґрунтової біоти на процеси трансформації забруднювачів.
23. Гумусовий горизонт: значення, роль у знешкодженні токсикантів, відновлення.
24. Фактори, що визначають ефективність рекультивацийних заходів.
25. Екологічний моніторинг рекультивованих земель: методи, показники, періодичність.
26. Пестициди та їх гігієнічна оцінка у ґрунтах сільськогосподарських угідь.
27. Взаємодія забруднених ґрунтів з підземними та поверхневими водами.
28. Визначення небезпечних форм хімічних елементів у ґрунті.
29. Сучасні міжнародні підходи до моніторингу ґрунтів (FAO, EEA, EPA).
30. Заходи щодо попередження забруднення ґрунтів у агроландшафтах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Pereira P., Bašić F., Bogunovic I., Barcelo D. Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Science of the Total Environment*. 2022. Vol. 837. Article 155865. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865>.
2. Rawtani D., Gupta G., Khatri N., Rao P. K., Hussain C. M. Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of the Total Environment*. 2022. Vol. 850. Article 157932. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932>.
3. Ulko Ye., Moskalenko A., Kucher A., Pavlenko O., Serbov M. Economic evaluation of the consequences of soil pollution in the system of sustainable land management. *Agricultural and Resource Economics*. 2022. Vol. 8, No. 4. P. 266–300. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2022.08.04.12>.
4. Solokha M., Pereira P., Symochko L., Vynokurova N., Demyanyuk O., Sementsova K., Inacio M., Barcelo D. Russian-Ukrainian war impacts on the environment: Evidence from the field on soil properties and remote sensing. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 902. Article 166122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>.
5. Shebanina O., Kormyshkin I., Bondar A., Bulba I., Ualkhanov B. Ukrainian soil pollution before and after the Russian invasion. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81, No. 1. P. 208–215. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2245288>.
6. Solokha M., Demyanyuk O., Symochko L., Mazur S., Vynokurova N., Sementsova K., Mariychuk R. Soil degradation and contamination due to armed conflict in Ukraine. *Land*. 2024. Vol. 13, No. 10. Article 1614. DOI: <https://doi.org/10.3390/land13101614>.
7. Smirnova K., Baliuk S., Kucher A., Vorotyntseva L., Honcharova A. Ecological and toxicological condition of militarily degraded chernozems: A case study of the Chkalovsk territorial community. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, No. 11. P. 90–104. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor11.2024.90>.
8. Hartmane I., Biyashev B., Getman A. P., Yaroshenko O. M., Anisimova H. V. Impacts of war on Ukrainian nature. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81, No. 1. P. 455–462. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314856>.
9. Slessarev E. W., Nezhoduk A., Golla J. K., Faybishenko B., Dwivedi D., Nico P. S., Zavarin M. Application of the DRASTIC model to assess the vulnerability of groundwater contamination near Zaporizhzhia Nuclear Power Plant, Ukraine. *ACS ES&T Water*. 2024. Vol. 5, No. 1. P. 366–376. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsestwater.4c00891>.
10. Baliuk S. A., Kucher A. V., Solokha M. O., Solovei V. B. Impact of armed aggression on soil resources of Ukraine and assessment of losses of soil ecosystem services. *Ukrainian Geographical Journal*. 2024. No. 4. P. 3–16.
11. Assessment of the ecological and ameliorative condition of the soil and potential risks when using different types of irrigation of decorative plants / Gololobova O. O., Maksymenko N. V., Bezsonnyi V. L. та ін. *Man and Environment. Issues of Neoecology*. 2024. No. 42. P. 70–82. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-42-05>.

ИТЕПНЕТ-РЕСУРСЫ

1. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).** Soil Resources Portal.
URL: <https://www.fao.org/soils-portal>
2. **Global Soil Partnership (GSP).** Soil Pollution Hub.
URL: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/soil-pollution>
3. **United Nations Environment Programme (UNEP).** Environmental Monitoring and Assessment.
URL: <https://www.unep.org>
4. **US Environmental Protection Agency (EPA).** Soil Screening and Risk Assessment Tools.
URL: <https://www.epa.gov/soil-research>
5. **European Environment Agency (EEA).** Soil Quality and Contamination Database.
URL: <https://www.eea.europa.eu/themes/soil>
6. **World Health Organization (WHO).** Environmental Health Criteria and Soil-Related Risks.
URL: <https://www.who.int/health-topics/environmental-health>
7. **International Atomic Energy Agency (IAEA).** Soil and Environmental Radioactivity Monitoring.
URL: <https://www.iaea.org/topics/environmental-radioactivity>
8. **European Soil Data Centre (ESDAC).** Contaminated Sites and Soil Indicators.
URL: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu>
9. **United Nations University (UNU).** Land Restoration and Sustainable Soil Management.
URL: <https://unu.edu>
10. **Soil Science Society of America (SSSA).** Educational Resources and Research Materials.
URL: <https://www.soils.org>

Навчальне видання

ОЦІНКА ЯКОСТІ ГРУНТІВ. САНІТАРНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ГРУНТІВ

Методичні рекомендації

Укладачі:

Михайло Іванович ФЕДОРЧУК

Анна Миколаївна Кругленко

Формат 60x84/16 Ум.друк.арк 3,1
Тираж 20. Зам №

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м.Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013р.