**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4.БІОІНДИКАЦІЯ СТАНУ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ**

**ТЕМА 6. АГРОХІМІЧНИЙ ТА АГРОФІЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ АГРОЛАНДШАФТІВ**

**Мета:** визначити основні складові моніторингу хімічного складу ґрунту і моніторингу фізичних якостей ґрунту, довести доцільність здійснення оптимізації агроландшафтів з метою підвищення їх екологічної стійкості.

План

1.Моніторинг хімічного складу ґрунту.

2.Моніторинг фізичних якостей ґрунту.

3.Оптимізація агроландшафтів з метою підвищення їх екологічної стійкості.

🖉**Основні поняття**: ґрунтово-геоморфологічний профіль; структурно-статистичні параметри ґрунту; оптимальне співвідношення природних і сільгоспугідь; розораність сільськогосподарських угідь; принцип «золотого перерізу».

**1.Моніторинг хімічного складу ґрунту**

Усі види забруднюючих речовин, потрапляючи в навколишнє природне середовище, включаються у природний колообіг, тобто мігрують (переміщуються).

У наземних харчових ланцюгах, які зумовлюють надходження токсичних хімічних речовин в організм людини (атмосфера – ґрунт – рослина – людина; атмосфера – ґрунт – рослина – тварина – людина), ґрунт є найбільш ємною та інертною ланкою, тому від його складу залежить швидкість поширення речовин всіма ланцюгами. Щоб обмежити надходження забруднюючих речовин з ґрунту в рослини, необхідно знати особливості їх поводження у ґрунті, а також засоби, які б дали змогу закріпити забруднювачі у ґрунтопоглинальному комплексі.

До складу ґрунту потрапляє величезний комплекс хімічних елементів. Рілля і лісові ґрунти забруднюються сіркою та її сполуками, які підкислюють ґрунт. Засолення ґрунтів відбувається внаслідок надходження з різних джерел содових солей. Токсичність ґрунтів спричиняють сполуки цинку, свинцю, міді, арсену, фтору, барію, ртуті.

Однією із найнебезпечніших токсичних речовин, що потрапляють у ґрунт з відходами промисловості, є ртуть. Вивчення міграції сполук ртуті свідчить, що верхні шари родючих ґрунтів наділені дуже високою сорбційною здатністю, і вимивання з них ртуті практично відсутнє або зовсім незначне. Сполуки ртуті більш рухомі у кислих ґрунтах з легким механічним складом і невисоким вмістом гумусу. Органічні з'єднання здатні швидко випаровуватися з поверхні таких ґрунтів. Випаровування ртуті з ґрунту зменшується із збільшенням його вологості.

Канцерогеном, який згубно діє на всі ґрунтові організми, є свинець. Він надходить у ґрунт двома шляхами: природним - силікатний пил, вулканічні аерозолі, вулканічні силікатні аерозолі, дим лісових пожеж, морські солі, метеоритний пил; антропогенним – згорання етилованого бензину (у світі виробляється 3,5×106 т свинцю, з яких 3,1×105 т спалюється з етилованим бензином), виробництво свинцю (при виплавлянні 1 т свинцю в атмосферу викидається до 25 кг), спалювання кам'яного вугілля, яке містить свинець, видобування свинцю. Він адсорбується гумусовим шаром ґрунту. Для цієї речовини характерна незначна міграція в дерново-підзолистих ґрунтах і транзитне перенесення з верхніх шарів у нижні на еродованих ґрунтах. Адсорбція свинцю гумусом активізується в лужному середовищі. Свинець спричиняє появу важкорозчинних осадів основних карбонатів, фосфатів або гідроокисів, що впливають на живлення рослин. Токсичність ґрунтів для рослин зумовлює концентрація свинцю в межах 20-30 мг/кг.

Миш'як надходить у ґрунт внаслідок згоряння вугілля і як складова відходів медичної, металургійної, хімічної промисловості. Він акумулюється в ґрунтах, які вміщують активні форми заліза, алюмінію, кальцію. За значних концентрацій миш'яку відбувається його швидка міграція в нижні горизонти ґрунтового покриву.

Кадмій потрапляє у ґрунт при згорянні дизельного пального, при виплавці руд та внесенні добрив. Максимальна адсорбція кадмію відбувається в ґрунтах з великою ємністю вбирання, значним вмістом гумусу та високим показником рН. Міграція кадмію в глибину збільшується із зменшенням вмісту гумусу, а також у ґрунтах з легким механічним складом.

Хімічні речовини, які застосовують в сільському господарстві, потрапляють у навколишнє середовище у великих кількостях. Забруднювачами ґрунтів можуть бути мінеральні добрива і пестициди. Із 170 видів пестицидів, які застосовуються в Україні, є особливо небезпечними внаслідок високої токсичності, надкумулятивності, стійкості. Пестицидами сільськогосподарські угіддя обробляють кілька разів на рік. Вони здатні мігрувати в рослини, воду, повітря, що небезпечно для людини. Одним з основних фізичних факторів, який визначає поведінку пестицидів у ґрунті, є сорбція (поглинання) ґрунтовими частинками, яка залежить від типу ґрунту, вологості, температури, хімічної природи пестициду. Для пестицидів характерні вертикальна та горизонтальна міграції, на які впливають сума та інтенсивність опадів. Пестициди здатні активно (до 20 % внесеної кількості) переходити в рослини. Інтенсивність переходу пестицидів з ґрунту в рослини залежить від сорбційної здатності ґрунту (чим більша сорбційна здатність, тим менший перехід), типу культури та будови і складу пестициду.

Зменшення з часом вмісту забруднюючих речовин у ґрунті та в рослинах визначається періодом напіврозпаду речовини - часом, необхідним для того, щоб препарат втратив не менше 95 % своєї активності за нормальних умов та звичайної інтенсивності застосування (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Період напіврозпаду забруднюючих речовин у ґрунтах

|  |  |
| --- | --- |
| Сполуки | Період напіврозпаду |
| Сполуки миш’яку, свинцю, міді, ртуті | 10 – 30 років |
| Інсектициди, ДДТ | 2 – 4 роки |
| Триазинові гербіциди | 1 – 2 роки |
| Гербіциди бензойної кислоти | 40 днів – 1 рік |
| Гербіциди 2,4-Д та 2,3,5-Т | 40 днів –5 місяців |
| Фосфороорганічні інсектициди | 2 тижні – 3 місяці |
| Карбонатні інсектициди | 2 тижні – 1,5 місяці |

Залишки пестицидів виявляють у більшій половині проаналізованих зразків ґрунту, з них приблизно 15 % перевищують ГДК. Найхарактернішими залишками є гербіциди симтриазинової групи (більше третини). Високими є рівні забруднення стійкими хлорорганічними засобами.

В Україні найзабрудненішими залишками пестицидів є ґрунти лісостепової зони. Тут також більша частка земель, що містять понаднормову кількість залишків фосфорорганічних сполук (умовна щільність забруднення в 1,4 раза вища, ніж на Поліссі і в степових зонах). Окрему групу забруднювачів ґрунту становлять нафтопродукти. Потрапляючи на ґрунт, вони адсорбуються його структурами. Дощі можуть вимивати водорозчинну фракцію і переміщувати її вглиб ґрунту.

Нафта спричиняє утворення брилуватої структури ґрунту і, як наслідок, зміну його фізичних, хімічних та біологічних властивостей, яка погіршує родючість ґрунту. При забрудненні ґрунту нафтою зменшуються його вбирна ємність і обмінна здатність, що негативно впливає на доступність рухомих форм фосфору, калію, магнію. Внаслідок забруднення ґрунту нафтопродуктами масово гинуть ґрунтові організми і різко збільшується кількість збагаченої на азот органічної речовини.

Отже, забруднюючі речовини зумовлюють у ґрунті різні негативні процеси, які залежать як від ґрунту, так і від забруднювача, і для того, щоб спрогнозувати поведінку сторонньої речовини у ґрунті, необхідно знати фізико-хімічні властивості ґрунту і забруднюючої речовини.

Пестициди різних видів, які широко застосовують для боротьби із шкідниками, бур'янами та хворобами сільськогосподарських рослин на полях, завдають значної шкоди довкіллю. При підготовці до польових спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів пестицидами вивчають наявний матеріал про фізико-географічні умови об'єкта досліджень, детально ознайомлюються з інформацією про тривалість застосування пестицидів у господарствах, виявляють господарства, де найінтенсивніше застосовували пестициди протягом останніх 5-7 років, аналізують матеріал про урожайність сільськогосподарських культур.

Дослідження проводяться на постійних та тимчасових пунктах спостережень. Постійні пункти (діють протягом 5 років і більше) організовують на обстежуваних територіях адміністративних районів. їх кількість залежить від розмірів території. Постійні пункти обов'язково обладнують на території молокозаводів, м'ясокомбінатів, елеваторів, плодоовочевих баз, птахоферм, рибгоспів та лісгоспів. На тимчасових пунктах спостереження здійснюють протягом одного вегетаційного періоду або року. Як правило, на кожній території району досліджують 8-10 полів основної сівозміни. Проби відбирають 2 рази на рік: весною, після сівби, та восени, після збору врожаю.

При встановленні багаторічної динаміки залишків пестицидів у ґрунтах або їх міграції в системі «ґрунт – рослина» спостереження проводять не менше 6 разів на рік (фонові – перед сівбою, 2-4 рази під час вегетації культур і 1-2 рази в період збору врожаю). Для оцінки площинного забруднення ґрунтів пестицидами відбирають 25-30 проб вагою 15-20 г по діагоналі ділянки (глибина відбору проб 0-20 см) спеціальним буром. Ґрунт, отриманий з підорного шару, вилучають. Відбір проб можна проводити і лопатою. Якщо спостереження проводять у садах, то кожна проба відбирається на відстані 1 м від стовбура. Одноразові проби, з яких формується вихідна проба, повинні бути близькими за кольором, структурою, механічним складом. Для вивчення вертикальної міграції пестицидів закладають ґрунтові розрізи (розміром 0,8×1,5×2,0 м) – глибокі шурфи, які перетинають усю серію ґрунтових горизонтів і відкривають верхню частину материнської породи.

Перед відбором проб коротко описують місця розміщення розрізу і ґрунтових горизонтів (вологість, колір, забарвлення, механічний склад, структура, складення, новоутворення, включення, розвиток кореневої системи). Відбирають з кожного генетичного горизонту по одному зразку товщиною 10 см. Відібрані будь-яким способом проби зсипають на папір, перемішують і квартують (послідовно ділять на чотири частини) 3-4 рази, ґрунт після квартування ділять на 6-9 частин, з центрів яких беруть приблизно однакову його кількість в крафт-папір. Маса зразка повинна становити 400-500 г. Його супроводжують такими даними: порядковий номер зразка, місце відбору, рельєф, вид сільськогосподарського угіддя, площа поля, дата відбору, прізвище того, хто здійснював відбір. Ці проби аналізують у природному вологому стані. Якщо протягом дня аналізи провести неможливо, то проби висушують до повітряно-сухого стану.

Середня проба сухого зразка – 200 г. Відібрана проба проходить підготовку до аналізу: розтирається в фарфоровій ступці та просіюється через сито з отворами 0,5 мм, після чого відбирають зразки для аналізу по 10-50 г. Одна проба характеризує неоднакові (табл. 6.2) площі поля з огляду на різні категорії місцевості та ґрунтових умов.

Таблиця 6.2 - Категорія місцевості та ґрунтових умов при виборі площі поля для спостереження за рівнем забруднення ґрунтів пестицидами

|  |  |
| --- | --- |
| Категорія місцевості та ґрунтових умов | Площа поля, га |
| Лісова зона, райони з хвилястим рельєфом, з різними ґрунтоутворюючими породами і комплексним ґрунтовим покривом | 1-3 |
| Лісостепові і степові райони зі змінним рельєфом | 3-6 |
| Степові райони з рівнинним або слабозмінним рельєфом та одноманітним ґрунтовим покривом | 10-20 |
| Гірські райони зі значною мікрокомплексністю ґрунтового покриву та незнаними розмірами сільськогосподарських полів | 0,5-3 |
| Зрошувальна зона | 2-3 |

Мережа тимчасових та постійних пунктів спостереження за забрудненням ґрунтів пестицидами забезпечує інформацією для визначення залишкової кількості пестицидів, дослідження їх вертикальної і горизонтальної міграції, оцінювання ймовірності забруднення пестицидами ґрунтових вод і сільськогосподарських культур. На основі осмислення отриманої інформації формують рекомендації щодо застосування певних пестицидів у різних умовах.

Більшість особливо забруднених важкими металами земель зосереджена у промислових зонах і прилеглих до них територіях на відстані 1-5 км, а концентрації важких металів на землях, віддалених більше ніж на 20-50 км від промислових комплексів, перебувають у межах норми. Забруднення важкими металами особливо небезпечне тому, що вони легко переходять із ґрунту в рослинну продукцію, а при її споживанні – в організм тварини й людини.

Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами в містах та їх околицях має експедиційний характер. Перед здійсненням польової програми спостережень за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами в природних та агроландшафтах необхідно провести планування робіт, тобто визначити приблизну кількість точок відбору ґрунтів, які дадуть основний фактичний матеріал, скласти схему їх територіального розташування, намітити польові маршрути або послідовність робіт, встановити календарні терміни виконання завдання, сформувати топографічний матеріал і ґрунтові карти, провести інвентаризацію джерел забруднення прилеглих територій.

Спостереження за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами краще збирати в сухий період року – влітку або ранньою осінню (період збирання врожаю основних сільськогосподарських культур). При стаціонарних спостереженнях відбір проб проводять незалежно від експедиційних робіт. Повторний моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами обстеженої території здійснюють через 5-10 років.

Щоб краще зрозуміти взаємозв’язок між ґрунтами, природними та господарськими умовами району, здійснюється попереднє розвідування місцевості. Спочатку проводиться рекогносцивання місцевості маршрутним шляхом. При невеликих площах воно проводиться детально, для чого 1-2 рази перетинається ділянка. При великих ділянках потрібно значно більше часу.

Унаслідок рекогносцивання виявляються основні ландшафтні особливості території, загальні закономірності просторових змін ґрунтового покриву тощо. Збираються відомості про клімат і мікроклімат, про погодні умови протягом останніх років, про захворювання, пов'язані з підвищеним змістом важких металів в екосистемі.

При виборі ділянок спостереження вихідним документом є топографічна основа певного масштабу (зазвичай 1: 10000).

Контури (схема) міста, промислового комплексу розміщують у центрі плану місцевості. Із геометричного центру за допомогою циркуля наносять кола на відстані 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 8,0; 10,0; 20,0; 30,0; 50,0 км, тобто позначають зону можливого забруднення ґрунтів важкими металами.

Довжина зони визначається швидкістю та частотою вітрів даного румба (розою вітрів), характером викидів в атмосферу (густиною речовини, дисперсністю часток), висотою труб, рельєфом території, рослинністю тощо. Значна кількість тонкодисперсних аерозолів і газів, що містять важкі метали, залишається в атмосфері, переноситься на значні відстані та надходить у глобальний колообіг на планеті.

 На підготовлений таким чином план місцевості наносяться контури багаторічної «рози вітрів» за 8-16 румбами. Найдовший вектор, який відповідає найбільшій повторюваності вітрів, спрямовують у підвітряний бік, його довжина становить 25-30 км (на плані – 25-30 см). Отже, контур, утворений розою вітрів, схематично охоплює територію найбільшого забруднення важкими металами.

У напрямку радіусів будують сектори завширшки 200-300 м поблизу джерел забруднення з поступовим розширенням до 1-3 км. У місцях перетину осей секторів із колами розміщуються так звані ключові ділянки, на них – мережу опорних розрізів, пунктів і майданчиків взяття проб.

На рис. 6.1 помітно, що в нашому басейні розміщено 4 ключові зони зі спостереження за забрудненням ґрунтів важкими металами.

Наводимо схему розміщення ключових ділянок при спостереженні за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами. Визначаємо кількість запланованих ключових ділянок.



Рисунок 6.1 – Схема розміщення ключових ділянок для визначення вмісту в ґрунті важких металів

*Ключова ділянка* – ділянка (площа 1-10 га), яка характеризує типові поєднання ґрунтових умов та умов рельєфу, рослинності й інших компонентів фізико-географічного середовища.

На цих ділянках розташовують мережу опорних розрізів, пункти та майданчики відбору проб. При спостереженні за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами велике значення має порівняння змін, які відбуваються залежно від збільшення чи зменшення впливу того, чи іншого чинника. Ці закономірності можна виявити за допомогою ґрунтово-геоморфологічних профілів, які перетинають усю територію вздовж панівних напрямків вітру.

*Ґрунтово-геоморфологічний профіль* – вузька лінієподібна смуга земної поверхні, на якій встановлена кореляція ступеня забруднення ґрунтів з одним або кількома екологічними чинниками.

Комплексний аналіз інформації, отриманої з ґрунтово-геоморфологічних профілів і ключових ділянок дає змогу отримати цілісну характеристику ситуації щодо забруднень важкими металами. Техногенні викиди забруднюють ґрунтовий покрив через атмосферу і накопичуються в поверхневих шарах ґрунту, тому відбір проб проводять із глибини 0-10 та 0-20 см на ріллі та з глибини 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 20-40 см на цілині або старому перелозі.

Із метою встановлення інтенсивності надходження важких металів у ґрунт щорічно відбирають проби снігу ранньою весною до початку підсніжного стоку талої води. Об'єднаний зразок снігу з площі 1 га складається з 20-40 точкових проб.

**2.Моніторинг фізичних якостей ґрунту**

Основними агрофізичними параметрами ґрунтів, як відомо, є механічний склад, загальна щільність і щільність твердої фази, мінералогічний і гранулометричний склади, водопроникність, фільтраційна й водоутримувальна здатності.

Механічний склад (співвідношення в ґрунті часток різної величини) - одна з основних агрофізичних властивостей ґрунтів. Вона визначає їх повітряний і водний режими, що є незамінними факторами життя рослин. Загальна щільність і щільність твердої фази ґрунтів дозволяють оцінити співвідношення твердої фази й порового простору, тобто передумови й умови формування водно-повітряного режиму. Від мінералогічного й гранулометричного складів залежать наявність і доступність живильних елементів для рослин, а також важливі при механічній обробці ґрунтів властивості.

Водопроникність, фільтраційна й водоутримувальна здатність ґрунтів визначають їхній водний режим і необхідність меліорації. Погіршення агрофізичних властивостей спричиняє порушення екологічних функцій ґрунту, у тому числі зниження сорбційних властивостей. У системі агроекологічного моніторингу агрофізичні параметри постійно контролюють.

Найбільш консервативним відносно змін є гранулометричний склад. Даний показник доцільно визначати 1 раз в 5 10 років. Визначають гранулометричний склад пошарово через кожні 10 див за допомогою бура методом піпетки (по Качинському). Даний метод дозволяє одержати досить надійні результати. Водопроникність, фільтраційна й водоутримувальна здатності ґрунтів більше динамічні в часі. Дані показники варто контролювати при полігонному моніторингу 1 раз у ротацію сівозміни (через трудомісткість визначення) наприкінці вегетації (після збирання), коли встановлюється відносно рівноважна щільність ґрунту, а посіви не ускладнюють польове визначення водопроникності й фільтраційної здатності.

Постійно спостерігаючи за станом агрофізичних параметрів, можна запобігти небажаним змінам і погіршенню властивостей ґрунтів, розвитку негативних деградаційних процесів, а в підсумку зберегти високу родючість ґрунтів, їх важливі екологічні функції. У складній проблемі керування ґрунтовою родючістю одним з найважливіших факторів є контроль за станом органічної речовини. Блок гумусу, безсумнівно, ключовий у ґрунтово-екологічному моніторингу, оскільки гумус ґрунтів, стан його кількісних і якісних характеристик визначають основні властивості й режими ґрунтів, трансформацію й міграцію токсичних речовин у процесі інтенсифікації землеробства й у результаті техногенезу.

Дослідження показали, що вміст і якісний склад гумусу не є стабільними, консервативними показниками, що слабко піддаються впливу антропогенних факторів, як це вважали раніше. При визначенні родючості ґрунтів уже недостатньо враховувати тільки вміст у них гумусу, необхідно контролювати і його якісний стан. Помітні зміни природних показників якості гумусу викликає тривале систематичне застосування добрив. При цьому груповий склад істотно не міняється. Співвідношення основних груп СГК : СФК (вуглецю гумінових кислот до вуглецю фульвокислот), залишається відповідним тому типу гумусу, який є характерним для зонального процесу утворення гумусу.

Водночас органічні й мінеральні добрива змінюють фракційний склад гумусу, сприяють накопиченню рухливих його форм, підвищують його активність. Донедавна це вважали позитивним явищем. Однак у деяких випадках зміни, що відбуваються, можуть мати негативний характер. Так, у результаті тривалого застосування добрив у чорноземних ґрунтах відбувається перерозподіл фракційного складу гумусу: збільшуються гумусові речовини першої фракції (рухливий гумус) і зменшується найцінніша пов'язана із Са2+, друга фракція.

Таким чином, можливі зміни гумусового стану по всьому спектрі показників у результаті тих або інших впливів вимагають постійного спостереження за його станом, розробки раціональних мір регулювання його балансу і якісних характеристик. Для проведення широкомасштабних досліджень гумусового стану різних типів ґрунтів, що дозволяють за допомогою створення зональних інформаційних масивів, математичного моделювання й ін. розв’язати оптимізаційні задачі, потрібен системний підхід. У цьому контексті важливе значення належить єдиній комплексній програмі, розробленій для агроекологічного моніторингу в географічній мережі дослідів.

Програма передбачає обов'язковий облік ряду уніфікованих показників, що дозволяють досить об'єктивно оцінювати глибину й інтенсивність впливу різних факторів на гумус ґрунтів.

Вихідні принципи програми сформульовані на основі тривалих дослідів, основні з них наступні:

* контроль гумусового стану, що проводять на постійних пунктах спостереження (ділянки тривалих дослідів, реперні майданчики – точки полігонів і виробничих територій), що забезпечує статистичну вірогідність і коректність результатів;
* повторні дослідження вмісту й запасів гумусу в ґрунтах, які доцільно проводити з урахуванням періоду стабілізації змін вмісту і якісних показників гумусу, викликаних використанням контрольного агротехнічного прийому; цей період становить 5-10 років, і, отже, повторні аналізи проводять не частіше, ніж проходження ланки або ротації сівозміни;
* використання найбільш відпрацьованих й інформативних методів (Тюрина, Пономаревої і Плотникової) для вивчення фракційно-групового складу; інші методи фракціонування можна застосовувати як додаткові;
* дослідження вмісту, запасів і якісних показників гумусу по всьому органічному профілю ґрунтів;
* дослідження гумусового стану в комплексі з вивченням факторів і умов безпосереднього впливу; зокрема, необхідно враховувати врожай основної й побічної продукції, біомаси рослинного опаду, кореневих і пожнивних залишків; визначення рН, гідролітичної кислотності, ступеня насиченості ґрунтів основами, вміст Na у поглинаючому комплексі; визначення актуальної й потенційної біологічної активності ґрунтів.

Наведені програмні блоки контролю гумусового стану ґрунтів в агроекологічному моніторингу не є вичерпними. Вони в міру накопичення нової інформації вимагають подальшого коректування, уточнення, удосконалення. Проте реалізація вищевикладених уніфікованих програмних положень у різних регіонах дозволяє в порівняно нетривалий термін оцінити спрямованість і ступінь зміни кількісних і якісних характеристик гумусу ґрунтів, обґрунтувати доцільні шляхи регулювання його найважливіших властивостей і ін.

Розглядаючи моніторинг агроландшафтів щодо проблеми ґрунтового гумусу, варто враховувати, що дані фракційно-групового складу дозволяють виявити генетичні особливості гумусу різних ґрунтів, але вони малопридатні для оцінки зміни природи гумусових речовин під впливом різних факторів, навіть при тривалому впливі землеробських прийомів. Тому спрямоване регулювання кількості і якості гумусових поєднань вимагає розробки методів діагностики їхніх змін під впливом різних факторів техногенезу.

Самим складним при цьому є розробка екологічних критеріїв оцінки деградації гумусових поєднань і нормування техногенних навантажень на ґрунти й інші компоненти агроландшафту. Значною мірою вони обумовлені негативними результатами часто необґрунтованого, а нерідко й агресивного техногенного впливу на компоненти біосфери (ґрунт, рослинність, природні води й т.д.). Звідси виникає гостра потреба проведення комплексних екологохімічних досліджень даного явища на різних рівнях організації речовини. Для окремих екосистем і ландшафтів варто було б провести відповідну екологічну експертизу.

Своєрідним, унікальним природним індикатором, здатним адекватно відбити вплив продуктів техногенезу (зокрема, токсикантів, а також окремих прийомів і способів землеробства й хімізації на екосистеми), є гумусові сполуки ґрунтів, у яких біогеохімічні потоки речовини й енергії не тільки «замикаються», але й своєрідно трансформуються. Дослідження складу, властивостей і структурних особливостей гумусових кислот, фульвокислот і їхніх фракцій основних типів ґрунтів, визначення змін гумусових кислот під впливом мікроорганізмів і різних прийомів інтенсивного землеробства із застосуванням комплексу методів фізико-хімічного аналізу дозволяють рекомендувати для рішення ґрунтово-генетичних і ґрунтоохоронних завдань, для цілей екологічної експертизи систему структурно-статистичних діагностичних показників трансформаційних змін гумусових речовин під впливом природних і техногенних факторів. Запропонована система складається з п'яти блоків (елементний і функціональний аналіз, спектрофотометрія у видимій області, ІЧ-спектроскопія, дериватографічний аналіз, пиролітична масспектрометрія), кожний з яких, своєю чергою, містить від трьох до семи підблоків.

Гумусовий стан оцінюють за структурно-статистичними параметрами, які визначаються на основі кожного методу. Найповнішу інформацію одержують при використанні сукупної системи структурно-статистичних діагностичних показників, які встановлюють на основі комплексу методів фізико-хімічного аналізу.

**3. Оптимізація агроландшафтів з метою підвищення їх екологічної стійкості**

Антропогенні ландшафти характеризуються вилученням значної кількості біогенних речовин і втратою здатності до саморегуляції. Зниження негативних наслідків інтенсивного ведення сільськогосподарського виробництва можливе шляхом оптимізації ландшафтів, тобто встановлення співвідношення окремих його складових частин: поле, сіножаті – пасовище, лісові насадження, водне середовище, а також їх розміщення на території з метою отримання максимального виходу корисної продукції, збереження та підвищення родючості ґрунту й охорони навколишнього середовища.

Характер мікроклімату, а також здатність сільськогосподарської території протистояти посухам і водноерозійним процесам обумовлюються особливостями не тільки орних ґрунтів, але й оточуючого ландшафту. Нормативи оптимального співвідношення природно-антропогенних угідь досі ще не встановлені, проте розрахунки показують, що розораність території понад 60% є екологічно небезпечною і є дестабілізуючим чинником агроекосистеми.

Обробіток ґрунту на схилах, особливо відвальний, призводить до посилення ерозійних процесів, при цьому зростає вміст неагрегованих ґрунтових часток. Так, у лісостеповій зоні зі зростанням змитості ґрунтів і втрат гумусу Г (%) знижується коефіцієнт агрегованості чорноземних і сірих лісових ґрунтів Ka:

 Ka = 13,04×Г–5,6 r = 0,9±0,04, (6.1)

де r – коефіцієнт кореляції та його похибка.

Із рівняння 6.2 видно, що чим вище вміст гумусу в орному шарі, тим більше в ньому агрегованих часток. Відтак чим більше агрегованих ґрунтових часток, тим вище водопроникність ґрунту (Ів, мм/год):

Ів = 0,024×Kа – 0,33 при 14 < Ka < 77% (6.2)

Ерозійні процеси сприяють збільшенню вмісту неагрегованих ґрунтових часток, що призводить відповідно до другого закону термодинаміки до збільшення ентропії ґрунту та зниження стійкості агроекосистеми. Тому для аналізу мінімальних і максимальних навантажень на ґрунт може використовуватися принцип «золотого перерізу», якому підпорядковуються екосистеми з високим ступенем упорядкованості складових елементів, тобто з мінімальним значенням ентропії. Для стійкої екосистеми відносна ентропія (мінімальна ентропія Emin віднесена до максимальної Emax) відповідає «золотому перерізу» і дорівнює 0,382.

 $\frac{E\_{min}}{E\_{max}}=0,382$ (6.3)

Це означає, що природно-антропогенна система досягне стійкості тоді, коли ступінь безладдя (площа сільгоспугідь) становитиме 0,382 (38,2%) від цілого, а ступінь упорядкованості (площа природних територій – 0,618 (61,8%).

Виходячи з цього, ріллю можна розглядати як дезорганізуючий чинник, тобто зі збільшенням розораності території її ентропія зростає.

Наприклад, залежність площі еродованих чорноземних і сірих лісових ґрунтів (Fe) від частки площі ріллі на схилі понад 20 (F1>2) виражається рівнянням:

 Fe = 0,509\* F1>2+4,1 r = 0,77±0,05 (6.4)

Високий коефіцієнт кореляції рівняння засвідчує, що еродованість ґрунтів є результатом надмірної розораності екологічно небезпечних в ерозійному відношенні схилів. Ці розрахунки показують, що радикальне скорочення площі ріллі неминуче і слугуватиме виправленням помилок, допущених раніше.

Західні країни в умовах посиленої ерозії неодноразово скорочували площі орних земель. Наприклад, Швеція на 11% у 1940 р., США на 8 та 11% у 1936 та 1985 рр. Сучасна розораність території доведена в Польщі до 36,5%, у Франції – до 33,5%, у Китаї – до 12%, у США – до 25% (табл. 6.3). Нині розораність сільськогосподарських угідь в Україні становить до 85%, а в деяких областях, переважно лісостепової зони, цей показник перевищує 95%.

Таблиця 6.3 – Розораність території та сільськогосподарських угідь в різних країнах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Країна | Розораність території, % | Розораністьсільськогосподарських угідь |
| Україна  | 53,9 | 85,0 |
| Польща  | 36,5 | 75,1 |
| Німеччина  | 34,1 | 71,0 |
| Канада  | 4,7 | 68,6 |
| Франція  | 33,5 | 63,1 |
| Нідерланди  | 30,9 | 55,0 |
| Австрія  | 16,5 | 47,5 |
| США  | 25,0 | 38,9 |
| Велика Британія  | 25,1 | 35,3 |
| Китай  | 12 | 21,5 |

Розв’язання проблеми оптимального співвідношення природних і сільгоспугідь має ґрунтуватися на тому, що для кожного агроландшафтного регіону співвідношення природно-антропогенних угідь суворо індивідуальне; вибір територіальної одиниці для проведення аналізу визначається поставленою метою; важливо не тільки встановити оптимальне співвідношення угідь, але й мінімально необхідну площу індивідуального природного біогеоценозу.

Однією з основних умов формування екологічно безпечних природно-антропогенних ландшафтів є положення про те, щоб середньозважені в ландшафті величини середньобагаторічного стоку Н (мм) і змиву ґрунту М (т/га) дорівнювали (або були нижчими) допустимому стоку dH (мм) і допустимим ерозійним втратам ґрунту dM (т/га рік):

$$\frac{H\_{p}×f\_{n}×H\_{л}×f\_{л}+H\_{ц}×f\_{ц}}{f\_{p}+f\_{л}+f\_{ц}}\leq dH (6.5)$$

$$\frac{M\_{p}×f\_{n}×M\_{л}×f\_{л}+M\_{ц}×f\_{ц}}{f\_{p}+f\_{л}+f\_{ц}}\leq dM \left(6.6\right)$$

де fp, fл, fц – відповідно площа ріллі, лісу й лісонасаджень, цілини , % або га;

Hp, Hл, Hц – середньобагаторічний стік із цих угідь, мм;

Mp, Mл, Mц – середньобагаторічний змив із ріллі, лісовкритих територій та цілини, т/га.

**❓** *Питання для самоконтролю*

1.Як здійснюється моніторинг хімічного складу ґрунту?

2.Як проводять моніторинг пестицидного навантаження?

3. Як досліджують кількість важких металів в агроландшафтах?

4.Які показники визначаються при проведенні моніторингу фізичного складу ґрунту?

5. Які заходи проводяться з метою оптимізації агроландшафтів з метою підвищення їх екологічної стійкості?