

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет**

Н.М. Притула

МОНІТОРИНГ АГРОЛАНДШАФТІВ

Навчальний посібник
для здобувачів ступеня вищої освіти магістра
спеціальності «101 Екологія»
освітньо-професійної програми
«Екологія та охорона навколишнього середовища»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол № від_ р.

Запоріжжя
2023

УДК 57.087.1(075.8)
П 772

Притула Н.М. Моніторинг агроландшафтів : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «101 Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2023. 115 с.

Навчальний посібник містить теоретичні відомості з курсу «Моніторинг агроландшафтів», питання для самоконтролю, практичні та тестові завдання, глосарій, використану й рекомендовану літературу. У запропонованому посібнику подано теоретико-методологічні основи і понятійно-категоріальний апарат навчальної дисципліни «Моніторинг агроландшафтів». Його використання сприятиме формуванню у здобувачів вищої освіти цілісної системи екологічних знань.

Навчальний посібник розроблено для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Екологія», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Екологія та охорона навколишнього середовища».

Рецензент

Н.В. Воронова, кандидат біол. наук, доцент, доцент кафедри загальної та прикладної екології і зоології

Відповідальний за випуск

О.Ф. Рильський, доктор біол. наук, проф., завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи моніторингу агроландшафтів...	6
Тема 1. Поняття про агроландшафти і їх класифікація, ознаки, будова і властивості. Історія вивчення агроландшафтів.....	6
Змістовий модуль 2. Ґрунтово-екологічні проблеми агроландшафтів, зворотні та незворотні зміни в них.....	31
Тема 2. Моніторинг антропогенного забруднення ґрунту.....	31
Тема 3. Оцінка екологічної стійкості агроландшафтів.....	52
Змістовий модуль 3. Моніторинг просторової організації та стану ландшафтів.....	60
Тема 4. Моніторинг просторової організації агроландшафтів.....	60
Тема 5. Моніторинг стану агроландшафтів.....	74
Змістовий модуль 4. Біоіндикація стану ґрунтового покриву.....	83
Тема 6. Агрохімічний та агрофізичний моніторинг агроландшафтів.....	83
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ	97
ГЛОСАРІЙ	105
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	113
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	114

ВСТУП

Агроландшафти як екологічно спрощені ландшафтні структури нестійкі до деградаційних процесів. Ерозія ґрунтів стала найбільш потужним чинником зниження родючості ґрунтів та дестабілізації екологічного стану агроландшафтів. В умовах, що склалися, моніторинг агроландшафтів має стати основою комплексного екологічного моніторингу. Необхідність здійснення екологічного моніторингу агроландшафтів обумовлена не лише реформуванням земельних відносин, організацією сільськогосподарського виробництва, але й проведенням чіткого постійного й оперативного контролю за раціональним використанням й охороною та збереженням ґрунтів сільськогосподарського призначення, здійсненням їх класифікації, під час формування каталогу ґрунтів, визначенням екологічно безпечних і чистих сировинних зон для виробництва якісних харчових продуктів та лікарської сировини.

Метою вивчення навчальної дисципліни «Моніторинг агроландшафтів» є: набуття уявлення про теоретичні та методологічні проблеми агроландшафтів, засвоєння знань про принципи організації різних типів агроландшафтів і особливостях їх функціонування, а також способи їх оптимізації, дослідження впливу на агроєкосистеми органічних і мінеральних добрив, їхню екологічну роль як фактора оптимізації живлення рослин та підтриманні чи покращенні родючості ґрунту, так і їхню негативну роль в забрудненні довкілля та зменшенні чи погіршенні стану біорізноманіття, набуття практичних навичок впровадження прогресивних технологій, спрямованих на підвищення врожайності і якості сільськогосподарської продукції без порушення екологічної рівноваги.

Основні завдання вивчення дисципліни «Моніторинг агроландшафтів»: вивчення ландшафтного аналізу території і встановлення зв'язку між компонентами агроландшафту; опанування знаннями про закони розвитку та функціонування системи ґрунт-рослина, їх ролі в процесах збереження родючості ґрунту агроландшафтів, а також оволодіння комплексом практичних навичок щодо діагностики сучасного стану агроландшафтів і його раціонального використання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

- ✓ здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ✓ здатність планувати та управляти часом;
- ✓ знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ✓ здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;
- ✓ володіння комп'ютерними навичками;

- ✓ навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;
- ✓ здатність проведення досліджень на відповідному рівні;
- ✓ здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- ✓ здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- ✓ вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми;
- ✓ здатність приймати обґрунтовані рішення;
- ✓ здатність використовувати закони природничих дисциплін в професійній діяльності, застосовувати методи математичного аналізу і моделювання, теоретичного і експериментального дослідження;
- ✓ готовність встановити в відповідність агроландшафтних умов вимогам сільськогосподарських культур при їх розміщенні по території землекористування;
- ✓ здатність до лабораторного аналізу зразків ґрунту, рослин і продукції рослинництва.
- ✓ здатність працювати в команді;
- ✓ навички міжособистісної взаємодії;
- ✓ здатність мотивувати людей та рухатися до спільної мети;
- ✓ здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань);
- ✓ здатність працювати автономно;
- ✓ здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;
- ✓ визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих зобов'язань;
- ✓ прагнення до збереження навколишнього середовища.


ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОНІТОРИНГУ АГРОЛАНДШАФТІВ

ТЕМА 1. ПОНЯТТЯ ПРО АГРОЛАНДШАФТИ І ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ, ОЗНАКИ, БУДОВА І ВЛАСТИВОСТІ. ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ

Мета: розкрити основні положення моніторингу агроландшафтів: предмет, об'єкт, основні завдання, методи; сформувати поняття про агроландшафт, розглянути їх класифікацію, ознаки, будову і властивості, схарактеризувати функціональну роль ґрунту.

План

1. Предмет і завдання моніторингу агроландшафтів.
2. Історія вивчення агроландшафтів.
3. Поняття про агроландшафт, їх класифікація, ознаки, будова і властивості.
4. Функціональна роль ґрунту.

 **Основні поняття:** моніторинг агроландшафтів; екологічний моніторинг; фітобіотичний моніторинг; фітосанітарний моніторинг; карантинний моніторинг, фітоіндикаційний моніторинг; мікробіологічний моніторинг; фітовірусологічний моніторинг; популяційно-генетичний моніторинг; агрохімічний моніторинг; гідроекологічний моніторинг; токсикологічний моніторинг; біотичний моніторинг; санітарно-гігієнічний моніторинг; соціально екологічний моніторинг.

1. Предмет і завдання моніторингу агроландшафтів

Інформація про стан навколишнього природного середовища (НПС) та його елементів, про їх просторово-часові зміни використовується людиною з незапам'ятних часів. Досить згадати про регулярні метеорологічні, гідрологічні, фенологічні й деякі інші спостереження. Треба, зрозуміло, мати на увазі, що ці спостереження реєстрували природні зміни стану тих або інших компонентів. У 50-х роках минулого сторіччя почався процес явного загострення проблем взаємодії суспільства і природи й відповідні йому негативні зміни й наслідки. Очевидною стала небезпечність безконтрольної експлуатації ресурсів біосфери, і це обумовило необхідність пошуку й розробки відповідних комплексних рішень.

Так, ще в 1970 р. ЮНЕСКО була прийнята Міжнародна науково-дослідна програма «Людина й біосфера» (МАН – Man and biosphere), метою якої була організація в різних регіонах світу комплексних багаторічних спостережень за

наслідками впливу людини на природні процеси в біосфері й вивчення зворотного впливу цих процесів на саму людину. Виконують цю програму майже 90 країн. Треба було не тільки розширити спектр спостережень, але й сформувавши на їхній основі елементи активних дій, адекватних природоохоронним ситуаціям, що з'являються.

Склалася в основному цілісна система, яка функціонально поєднала спостереження, інформацію, дії. Вона одержала назву «моніторинг». Термін «моніторинг» (від лат. monitor – той, що наглядає) використовується фахівцями, що працюють в області охорони навколишнього природного середовища, відносно недавно (на початку 70-х років). Цей термін стосовно до екології вперше було вжито в рекомендаціях Стокгольмської конференції ООН по навколишньому середовищу (1972). Держави-учасники Програми міжнародного комітету вчених по навколишньому середовищу, а також Програми, присвяченої найбільш гострим екологічним проблемам, створили організацію

Глобальної системи моніторингу навколишнього середовища (ГСМНС). Основне її завдання – раннє попередження про природні або антропогенні зміни стану НПС, які можуть заподіяти шкоду людині. Виходячи зі сформованих до теперішнього часу положень, можна дати наступне розширене тлумачення поняття «моніторинг».

Моніторинг – система спостережень і контролю за станом навколишнього природного середовища з метою розробки заходів щодо його охорони, раціонального використання природних ресурсів і запобігання критичним ситуаціям, шкідливих або небезпечних для здоров'я людей, живих організмів, природних комплексів і об'єктів. Крім спостереження завданнями моніторингу є також оцінка стану середовища й прогнозування його змін. Розрізняють моніторинг біосферний (глобальний), регіональний, локальний (імпактний), екологічний, біологічний, санітарно-токсикологічний, міжнародний, національний, базовий (фоновий), безпосередній і дистанційний (у тому числі авіаційний і космічний) і ін.

Першочергова увага при проведенні моніторингу приділяється спостереженню за антропогенними змінами в природі. Основні етапи еволюції розуміння фахівцями функцій моніторингу визначалися послідовністю стадій розвитку загальної концепції розв'язання екологічних проблем. Кожний з варіантів такої концепції збагатив змістовність моніторингу «своїми» завданнями й напрямками. Щодо цього не можна не відзначити значення концепції сталого розвитку, основи якої були закладені на Конференції ООН по навколишньому середовищу й розвитку (червень 1992 р., Ріо-де-Жанейро), для забезпечення більш результативного використання матеріалів спостережень, а також удосконалювання самої структури системи моніторингу.

Природні зміни стану навколишнього природного середовища (як короточасні, так і довгострокові) реєструють і вивчають існуючі в багатьох країнах геофізичні служби (гідрометеорологічна, сейсмічна, іоносферна,

гравіметрична, магнітометрична й ін.). Спеціальні ж спостереження за станом біосфери спрямовані на те, щоб на фоні природних флуктуацій виділити зміни, що відбуваються у ньому в результаті антропогенної діяльності.

По суті, моніторинг – це система повторних спостережень за одним або декількома елементами НПС у просторі й у часі з певними цілями відповідно до задалегідь заданої програми. Таку систему варто називати «моніторингом антропогенних змін НПС». Очевидно, що термін «моніторинг» не є якимсь новим позначенням уже сформованого спостережливого комплексу геофізичних служб. Він відповідає якісно іншій системі виявлення антропогенних ефектів в НПС.

При цьому, зрозуміло, не виключене використання деяких структурних елементів і інформації існуючих геофізичних служб. Всебічне обговорення основних завдань моніторингу й можливих шляхів їхньої реалізації відбулося на міжнародних симпозіумах по комплексному глобальному моніторингу забруднення НПС в 1978 р. (Рига) і в 1981 р. (Тбілісі). Академік Ю. А. Ізраель, який зробив вагомий внесок у розробку теорії й практики моніторингу, запропонував універсальну схему інформаційної системи контролю стану природного середовища, придатну для різних рівнів, напрямків і масштабів оперативної й дослідницької роботи. Блоки, з яких складається схема, взаємозалежні між собою (існують зворотні й прямі зв'язки).

Наприклад, блоки «Спостереження» і «Прогноз стану» мають прямий зв'язок, тому що прогноз стану НПС можливий лише при наявності досить репрезентативної інформації про фактичний стан. Розробка прогнозу, з одного боку, передбачає знання закономірностей змін стану природного середовища та наявність можливостей розрахунку, а з іншого боку – необхідна спрямованість прогнозу визначає структуру й склад мережі спостережень (зворотний зв'язок). Отриману в результаті спостережень або прогнозу інформацію оцінюють залежно від того, у якій сфері діяльності вона використовується. Оцінка передбачає визначення збитку від впливу, вибір оптимальних умов для людської діяльності, виявлення наявних «екологічних резервів». При цьому враховують припустимі навантаження на навколишнє середовище.

Інформаційна система моніторингу антропогенних змін є частиною системи керування взаємодією людини з НПС, оскільки інформація про реально складний стан навколишнього природного середовища й тенденції його зміни повинна бути основою для розробки методів охорони природи й враховуватися при плануванні розвитку екосистеми. Порівнюючи фактичний й прогнозований стани, уточнюють вимоги до підсистеми спостережень і оцінюють фактичне положення. В остаточному підсумку з'являється можливість здійснювати цілеспрямовані й грамотні заходи щодо регулювання якості середовища й запобігання несприятливих наслідків антропогенних впливів.

Для об'єктивної оцінки, аналізу й прогнозу екологічної ситуації в будь-яких масштабах її прояву необхідне знання геофізичних процесів, різних

антропогенних ефектів і ситуацій, що їх викликають. Існує велика кількість антропогенних факторів, що впливають на стан біосфери і на здоров'я населення (забруднення різними хімічними речовинами, відходи виробництва, фізичний і біологічний вплив, нагрівання біосфери й т.п.). Спостереження можна здійснювати за фізичними, хімічними і біологічними показниками. Найбільш перспективні інтегральні показники стану природних систем.

Система моніторингу сприяє виявленню критичних ситуацій, дозволяє виділити критичні фактори впливу й елементи біосфери, які найбільш підпадають під антропогенний вплив.

Дослідження антропогенного впливу на біосферу вимагає визначення сучасного глобального фонового її стану в місцях, ізольованих від джерел локального впливу (забруднення), а також обліку фактичного фонового стану в районах і регіонах. Біосферний моніторинг, поєднуючи в єдиний комплекс спостереження, оцінку й прогноз стану біосфери, викликані антропогенними впливами, визначення джерел, факторів і ступені цих впливів, ґрунтується на ряді послідовних дій. У тому числі виділення (визначення) об'єкта спостережень; обстеження виділеного об'єкта; складання інформаційної моделі для об'єкта спостереження; планування вимірів; оцінка стану об'єкта спостереження й ідентифікації його інформаційної моделі; прогнозування зміни стану об'єкта спостереження; подання інформації в зручній для використання формі й доведення її до споживача.

Відповідно до завдань і процедур моніторингу в першу чергу повинна бути встановлена пріоритетність факторів, що ведуть до найбільш серйозних змін НПС (а також джерела їхнього формування). Необхідно виявити окремі елементи об'єктів спостереження, які найбільше піддаються впливу, критичні крапки, перехід через які викликає порушення й руйнування екосистем. Вибір факторів і показників впливу є найважливішим етапом наукового обґрунтування моніторингу. Варто мати на увазі, що визначення пріоритетності для підсистем моніторингу при рішенні будь-яких завдань може привести до різних результатів для одного й того ж фактора впливу. Наприклад, з одного боку, збитки від CO_2 в атмосфері для будь-якої екосистеми незначні, а в багатьох випадках збільшення CO_2 навіть корисно (стимулює підвищення продуктивності рослин). З іншого боку, при розгляді можливого впливу на великі системи, наприклад на клімат планети, накопичення CO_2 веде до посилення «парникового ефекту» і можливим змінам клімату з різними негативними наслідками для біосфери. Можна послатися й на деякі інші приклади вибору пріоритетів при організації моніторингу. Якщо говорити про середовища, то вищий пріоритет повинен бути відданий атмосферному повітрю й воді прісноводних водойм; по інгредієнтах – пилу, SO_2 , N_xO_y бенз(а)пирену в повітрі, біогенним продуктам, нафтопродуктам, фенолам у воді; по джерелах забруднення (у містах) – автомобільному транспорту, тепловим електростанціям і т.д.

На Першій міжурядовій нараді по моніторингу в Найробі (Кенія, 1974) було запропоновано наступний метод встановлення пріоритетності для моніторингу забруднень. Спочатку, ґрунтуючись на властивостях забруднювачів і можливості організації вимірів, були обрані деякі критерії для визначення пріоритетності.

Зокрема, урахували:

1. Фактичний і потенційно можливий вплив на здоров'я й добробут людини, на клімат або екосистеми.
2. Схильність до деградації в НПС і накопичення в організмі людини.
3. Можливість хімічної трансформації у фізичних і біологічних системах, у результаті чого вторинні речовини можуть виявитися більш токсичними.
4. Мобільність, рухливість.
5. Фактичні або можливі тренди (тенденції) концентрації в НПС і (або) у людині.
6. Частота й (або) величина впливу.
7. Можливість вимірів на даному рівні в різних середовищах.
8. Значення для оцінки положення в НПС.
9. Придатність із погляду загального поширення для рівномірних вимірів у глобальній і субрегіональній програмах.

Забруднення оцінювали в балах (від 0 до 3) по кожному із прийнятих критеріїв. Підсумовуючи бали, визначили пріоритетні позиції (чим більше сума, тим вище пріоритет). Отримані в такий спосіб пріоритети були розділені на вісім класів (чим вище клас, тим менше його порядковий номер і більше пріоритет) із характеристикою середовища й типу програми вимірів (імпактний, регіональний, глобальний).

При цьому були визначені ті види спостережень, які необхідно проводити, якщо забруднюючу речовину важко виміряти безпосередньо (непрямий моніторинг). У таких випадках враховували (оцінювали) наступні характеристики: індикатори якості води - бактерії, синьо-зелені водорості, їхню первинну продуктивність; індикатори якості ґрунту – солоність, кислотність і лужність (рН), вміст нітратів і органічного азоту, вміст ґрунтових органічних речовин (гумусованість); індикатори здоров'я людини й тварин, індикатори пошкодження рослин - захворювання, генетичні наслідки, чутливість до ліків; рослинні індикатори забруднення – біоіндикація.

Одночасно рекомендовані відповідні вибіркові спостереження за метеорологічними, гідрологічними й іншими геофізичними параметрами, які дозволяють краще осмислити результати основних вимірів. Для об'єктивного вивчення наслідків антропогенних впливів моніторинг диференціюється відповідно до наявної класифікації забруднень (інгредієнтне, параметричне, біоценотичне і т.д.). Такий підхід у принципі одержав відбиття в концепції Глобальної системи моніторингу навколишнього середовища (ГСМНС).

Універсальна система моніторингу забезпечує можливість рішення поставлених екологічних завдань і досягнення заданих природоохоронних цілей. Точкою відліку, як ми вже відзначали, є фоновий стан біосфери протягом якомога тривалого часового інтервалу, який заглиблено вивчають у ряді країн, у тому числі й в Україні, на спеціальній мережі біосферних заповідників. В Україні, служба спостережень і контролю за забрудненням навколишнього природного середовища формувалася в основному на базі добре розвинутої гідрометеорологічної мережі станцій, яка традиційно забезпечувала отримання високоякісних первинних матеріалів.

На жаль, економічні проблеми України вплинули на діяльність гідрометеорологічної служби для здійснення моніторингу з усіма негативними наслідками. Теперішня організація і керування природоохоронною діяльністю, обумовлені фактичною індиферентністю держави стосовно екологічних проблем, а також криза економіки держави навряд чи сприятимуть в досяжній перспективі системній реалізації мети та задач моніторингу

За оцінкою фахівців різних наукових напрямів, зокрема медиків, екологів, економістів, соціологів, нині близько 20% населення регіону (в тому числі 15% дітей) потребує якісних екологічно безпечних (біологічно повноцінних) харчових продуктів. Щоб вирішити такі нагальні завдання, необхідно визначити земельні угіддя та господарства, які будуть придатні для вирощування якісних, екологічно безпечних урожаїв сільськогосподарських культур.

Першочерговим етапом щодо вирішення цього питання є проведення комплексного *екологічного моніторингу* – науково-інформаційної системи спостереження, комплексної екологічної оцінки агроландшафтів і агроєкосистем з урахуванням абіотичних, біотичних і соціально-економічних чинників, контролю й прогнозування змін родючості ґрунтів, їх екологічного стану з метою управління продуктивністю та збереження агробіорізноманіття.

Важливим при здійсненні екологічного моніторингу агроландшафтів є поєднання двох тісно пов'язаних між собою напрямів – науково-методичного та безпосередньо виробничого. Функції їх доцільно підпорядкувати мережі спеціалізованих науково-дослідних і навчальних лабораторій, різних закладів, відповідних центрів, які розміщені у певній ґрунтово-кліматичній зоні, що оснащені відповідною матеріально-технічною базою та забезпечені висококваліфікованими галузевими фахівцями.

Задля забезпечення сталого (збалансованого, стійкого) розвитку агроєкосистеми, а також з урахуванням специфіки природокористування, комплексний екологічний моніторинг агроландшафтів містить цілу низку окремих компонентів за такими напрямками, критеріями й параметрами:

Екомоніторинг земельної власності й землекористування – визначення складу та структури земельних угідь: ступеня розораності, частки лісистості, відсотка заповідності території (загальної та суворої), господарського та фізіологічного стану ґрунтового покриву, його екологічної стійкості й

ураженості ерозійними динамічними процесами (яружна й площинна ерозія, дефляція), підтоплення внаслідок техногенних процесів. Окрім того, до уваги беруться підкислення, карстування, зсуви, різні абразії, надмірне засолення, просідання, перезволоження, заболочення, підкислення.

Фітобіотичний моніторинг – аналіз і визначення фітобіотичного видового складу, проективне покриття рослинністю, її біомаса, екологічна, генезисна, таксономічно-типологічна, біологічна, біоморфологічна, географічна, соціологічна, центотична, демологічна структура фітобіоти. Підвиди фітобіотичного моніторингу: фітосанітарний, карантинний, фітоіндикаційний.

Фітосанітарний – визначає кількість або статус шкідливих організмів, які занесені чи можуть бути потенційно занесені на територію регіону шляхом ввезення об'єктів регулювання.

Карантинний – спрямований на запобігання привнесення і розповсюдження шкідливих, патогенних організмів та здійснення обов'язкового контролю за ними з метою повної або часткової ліквідації або локалізації. Він передбачає здійснення карантинних дій і дотримання санітарних і захисних заходів під час вирощування, зберігання, перевезення чи транспортування та розповсюдження продукції й інтродукції (реінтродукції) організмів. Часто використовують такий напрям як захист фітопатогенний.

Фітоіндикаційний – достатньо типова й відома система спостережень щодо змін властивостей, анатомо-морфологічних ознак та різних параметрів, а також визначення ступеня ураження рослинних організмів агроландшафтних комплексів антропогенними й абіотичними чинниками.

Вдалим прикладом є встановлення рослин-індикаторів господарського втручання на площах орних земель (фітоіндикатори: вологи застійної в орному шарі ґрунту, перезволоження його, початкового (незначного) і значного (сильного) підкислення, надлишку в ньому азоту, належного й достатнього забезпечення азотом і гумусом, підлучення карбонатного та ін.), на луках і пасовищах, фітоіндикація шкідливих патогенних речовин у повітряному середовищі. Досить ефективними та виправданими біоіндикаторами є біота ґрунтів (педобіота), особливо колемболи та дощові черви.

Моніторинг фітоіндикаційний охоплює значні за розмірами і площами території сільськогосподарських ландшафтних комплексів (фації, урочища, місцевості), має проводитись у межах відповідних фізико-географічних одиниць районування (провінція, область, край, район), а також вирізняється економічною ефективністю, здійснюватися при найменших витратах і забезпечувати прогнозування змін компонентів довкілля (використовуючи різні види моделювання та прогнозування), які можуть проявитись через певний період часу. У такому випадку доцільно і навіть необхідно досить правильно підібрати як об'єкт, так і ознаки (показники, чинники), які будуть підлягати реєстрації при фітоіндикації агроecosystem й агроландшафтів за допомогою виду, який дуже чутливий і добре реагує на антропогенні зміни довкілля.

Мікробіологічний моніторинг – функційна структура мікробних ценозів ґрунту; прогнозування стратегічної спрямованості мікробіологічних процесів у ризосфері рослин, що зумовлюють деградацію, відновлення або ступінь стійкості ґрунтового комплексу при застосуванні різних агрозаходів; визначення мікробіологічних показників для конструювання моделей збалансованих агроєкосистем та їх формування.

Моніторинг фітовірусологічний – визначення структури та функціонування фітовірусного ценозу; вивчення і прогнозування різноманітних процесів трансформації, перетворень і змін фітовірусного стану ґрунтового покриву; формування та функціонування фітовірусного ценозу збалансованих агроєкологічних систем.

Моніторинг популяційно-генетичний – аналіз та оцінка можливої або потенційної біологічної небезпеки змін генетичної різноманітності сортів і порід; аналіз і визначення впливу ГМО (генетично-модифікованих організмів) на утворення та функціонування збалансованих агроєкологічних систем.

Агрохімічний моніторинг – аналіз і визначення фактичного й потенційного рівнів поживності та родючості ґрунтів за показниками та критеріями: фізичного стану: повітропроникність і вологопроникність, щільність тощо; хімічного стану: гумусний стан ґрунту, наявність поживних основних речовин та їх кількість (обсяг азоту, який легко гідролізується, нітрифікаційна здатність, мг $\text{NO}_3/\text{кг}$ ґрунту, наявність і кількість обмінного калію, рухомого фосфору) та вміст мікроелементів (кобальту, молібдену, бору, сірки, марганцю, цинку, міді); фізико-хімічного стану: показники кислотності (актуальної, гідролітичної, обмінної), солончакуватості; засоленості (ступінь і тип засолення), суми ввібраних основ, біотичного стану: наявність макробіоти (різноманітних комах та їх личинок, багатоніжок, дощових черв'яків, коренів рослин), едафон ґрунту, наявність мезобіоти (нематод, кліщів, ногохвісток), мікробіоти (найпростіших, бактерій, ґрунтових водоростей, грибів тощо), ґрунтових тварин екологічних груп за середовищем існування і способом пересування (геобіонтів, геофілів, геоексенів); біохімічного стану (якість і безпека сільгосппродукції). Важливим є визначення щорічної та перспективної потреби сільськогосподарських угідь у хімічних меліорантах (особливо у внесенні вапна та гіпсу в ґрунти), здійснення ґрунтово-меліоративного (агрохімічного) районування, визначення потреб у мікроелементах, органічних і мінеральних добривах, для всіх рівнів господарювання, проведення бонітування і встановлення ступеня достатньо ефективною родючості ґрунтів.

Гідроєкологічний моніторинг – оцінка, спостереження та вивчення процесів забруднення й самоочищення, аналіз екологічного стану та реакції водних ландшафтних комплексів, що належать до сільськогосподарських систем, на різні антропогенні чинники, пов'язані з діяльністю сільських господарств; здійснення прогнозу та визначення динаміки екологічних змін водних комплексів на основі розробки та використання принципів і підходів моделювання відповідно до різних

видів, типів і джерел забруднення, зокрема ацидифікації, евтрофікації, термофікації, токсифікації, забруднення радіонуклідами), структури й напрямів використання агроландшафту.

Лісоекологічний моніторинг – вивчення, спостереження, аналіз процесів забруднення та оцінка екологічного стану й реакції лісоаграрних комплексів щодо впливу низки антропогенних і природних чинників, що встановлюють екологічний стан і біопродуктивність лісових насаджень та здійснення заходів щодо збільшення їхньої біопродуктивності. Такий вид моніторингу дає можливість при формуванні штучних екологічно стійких лісових насаджень з урахуванням екоумов їх поширення, агрокліматичних зон місцезростань і категорій площ лісокультур на перспективу запланувати склад і структуру майбутніх лісокультур у сільськогосподарських ландшафтах, їх густоту, визначати достатньо оптимальну вікову й ценотичну структуру, використовуючи подекуди інтродуценти, розміщення ділянок і територій для посадки, визначати ступінь і вид пошкодження чагарникових і деревних порід чинниками навколишнього середовища, ураженість хворобами і шкідниками, розраховувати різні витрати на формування лісових культур, здійснювати фітоіндикацію, проводити бонітування, а також помірні та своєчасні санітарні рубки догляду і на основі цього формувати кадастрову документацію.

Токсикологічний моніторинг – аналіз рівня забруднення рослинності, природних вод (підземних і поверхневих) та ґрунтів хімічними сполуками I-IV класів небезпеки щодо токсичності, визначення джерел, причин і видів забруднення, екологічна оцінка небезпечності забруднення за екологічними та токсикологічними параметрами, здійснення районування та на його основі формування карт щодо екотоксикологічного стану агроландшафтів. Прикладом проведення екотоксикологічного моніторингу органічних ксенобіотиків є така схема його організації, яка охоплює такі етапи:

1) складання програми спостережень, що включає наукове обґрунтування вибору місця спостереження (точки відбору зразків), об'єктів спостереження (ґрунт, рослини, продукція рослинництва і тваринництва);

2) визначення джерел і видів забруднення органічними ксенобіотиками, об'єктів, масштабів;

3) дослідження шляхів надходження і перетворення токсичних речовин в окремих ланках агрофітоценозу;

4) відбір зразків досліджуваних об'єктів;

5) проведення хіміко-аналітичного контролю за вмістом залишкових кількостей пестицидів у відібраних зразках;

6) виявлення ділянок із кризовим забрудненням стійкими органічними забруднювачами;

7) оцінка фонового забруднення і забруднення сільськогосподарських угідь стійкими органічними забруднювачами;

8) оцінка впливу агротехнологій на забруднення водних джерел і сільськогосподарської продукції сучасними пестицидами;

9) на основі даних хімічного аналізу і біотестів, проведення екотоксикологічної оцінки рівнів забруднення пестицидами й визначення впливу цих рівнів на якість сільськогосподарської продукції, а також визначення придатності сільськогосподарських угідь для вирощування тих чи інших культур;

10) оцінка фітотоксичності забруднених пестицидами ґрунтів;

11) цілеспрямоване регулювання і керівництво якістю навколишнього природного середовища на основі рекомендацій щодо запобігання забрудненню агрофітоценозів і сільськогосподарської продукції пестицидами;

12) розробка методів біо- і фіторемедіації забруднених органічними ксенобіотиками ґрунтів.

Біотичний моніторинг – опис і визначення агробіорізноманіття та аналіз його екологічного стану: реліктових, вразливих, ендемічних, тих, що зникають, рідкісних представників рослинного і тваринного світу, ареали яких можуть знаходитись або знаходяться на територіях провадження сільськогосподарської діяльності; сюди відносяться також моніторингові спостереження:

а) лісогосподарських територій, площ і угідь, у межах яких проводиться цілеспрямоване й опосередковане стихійне заліснення, зокрема досить цінних типових і унікальних степових ділянок;

б) природних лучних і кормових угідь, пасовищ, степових ділянок, сінокосів, зокрема тих, що належать до заплавних, надзаплавно-терасових, схилових і плакорних (вододільних) місцевостей;

в) водно-болотних угідь, земель, що були меліоровані, та торфовищ;

г) технічних, лікарських, плодово-ягідних, медоносних, кормових культур;

д) мікрофлори ґрунту;

е) рослин-бур'янів: сегетальних, адвентивних і карантинних зокрема;

є) шкідників сільськогосподарських культур та угідь: розповсюджених карантинних організмів, зокрема: молі каштанової, білого метелика американського, золотистої нематоди картопляної та ін.); патогенних мікроорганізмів, вірусів, бактерій і комах-шкідників (клопа-шкідливої черепашки, озимої совки, хрущів, саранових, бурякового довгоносика, тлі бурякової, жука колорадського, кліщів, шкідників садів, ягідників, виноградників, хмільників); комах кровосисних (гельмінтів, збудників різноманітних хвороб); хребетних тварин, зокрема представників орнітофауни, мишоподібних гризунів, парнокопитних (зубрів, лосів, диких свиней, косуль, оленів та ін.).

Санітарно-гігієнічний моніторинг – визначення щільності забруднення ґрунтів радіонуклідами та оцінка ступеня їх міграції; наявність та обсяг важких металів (валових форм) за класом небезпеки: I класу – рухомих форм цинку, астату, кадмію, свинцю, селену, ртуті; II класу – хрому, бору, нікелю, кобальту, нікелю, молібдену, міді; III класу – стронцію, барію, ванадію, вольфраму,

мангану; наявність залишків солей пестицидів; бітумізованих речовин при забрудненні нафтопродуктами та їх поширення; обсяг і частка патогенних мікроорганізмів, а також вірусів і бактерій.

Соціально-екологічний моніторинг – оцінка й аналіз стану та динаміки: екологічної поведінки, освіти, культури й виховання сільського населення; екологічної безпеки, санітарно-екологічних, медико-демографічних і соціально-економічних умов проживання населення в певних регіонах і районах, установлення особливостей міграційних процесів; специфіки трудових ресурсів у сільському господарстві; діяльності громадських екологічних організацій; інформування населення щодо екологічної безпеки, екологічної політики й екологічного управління та їх відповідності принципам і положенням збалансованого розвитку.

Для визначення початкової оцінки екологічного стану агроландшафтів необхідним і доцільним є проведення попереднього моніторингу, у ході якого збирається фонові, достовірна інформація щодо наявного екологічного стану різних видів агроєкосистем, встановлюються основні причини та джерела, що призводять до порушення їх нормального й оптимального екологічного стану й визначаються зони їх реального та можливого відтермінованого впливу. Поточний моніторинг здійснюється за сформованою і налагодженою мережею у мінімальних і обмежених обсягах, де поточному контролю підлягають практично тільки компоненти, які є найважливішими й найінформативнішими елементами сільськогосподарських ландшафтів або агрокомплексів. Позачерговий моніторинг проводиться лише тоді, коли спостерігається різке або значне погіршення екологічного стану сільськогосподарських ландшафтів.

Лише ефективна система комплексного екологічного моніторингу агроландшафтів України дозволить:

1) розробити й реалізувати короткострокові та довгострокові локальні, регіональні й національні програми відродження компонентів агроландшафтів, виділити «екологічно чисті» сировинні зони, здійснювати органічне землеробство й одержувати екологічно безпечну продукцію та сировину на основі агроєкологічного районування;

2) створити оптимальне співвідношення між елементами агроландшафту (орними і еколого-стабілізуючими угіддями – лісовими, водно-болотними, сіножатями, пасовищами і природно-заповідним фондом) для кожної агроландшафтної фації, урочища, місцевості, району, області, внутрішньокрайових агроландшафтів та єдиних фізико-географічних країв;

3) вилучити з інтенсивного обробітку сильнодеградовані, забруднені й малопродуктивні землі сільськогосподарського використання, у тому числі ґрунти, розміщені на схилах крутизною 3° і понад, малопродуктивні ґрунти, раніше розорані водоохоронні й прибережно-захисні землі гідрографічної мережі, земельні угіддя, розташовані безпосередньо навколо тваринницьких комплексів, птахоферм і населених пунктів, радіаційно забруднені землі,

забруднені залишками солей важких металів, пестицидів, включивши їх до структурних елементів екологічної мережі (як буферні й відновлювальні території) агросфери з перспективою ренатуралізації;

4) запобігти безповоротній втраті частини гено-, демо-, цено- і екофонду регіону та збільшити площу природно-заповідного фонду за рахунок малопродуктивних, частково деградованих і техногенно-забруднених (у тому числі радіоактивних) сільськогосподарських земель;

5) організувати й широко впроваджувати екологічну освіту та виховання, екологічну інспекцію, експертизу небезпечних об'єктів, які впливають на екологічний стан агроландшафтів; здійснювати екологічну паспортизацію, аудит і менеджмент у сфері агроприродокористування.

2. Історія вивчення агроландшафтів

Наприкінці XIX століття почала формуватися потужна ландшафтознавча школа, яку заснував В.В. Докучаєв. В 1892 р. В.В. Докучаєв закінчив працю «Наши степи прежде и теперь». В 1898 р. вчений зрозумів, що необхідно розробити нову науку, в якій предметом дослідження були б взаємодія всіх компонентів живої та неживої природи. Але він не довів справи до кінця. Пізніше його послідовник Л.С. Берг назве В. Докучаєва родоначальником ландшафтознавства. Наприкінці XIX століття (1898-1900) В.В. Докучаєв друкує ряд статей, у яких описує природні зони, їх поширення по всій земній кулі. Паралельно у США в 1895 р. Х. Меррієм опубліковує роботу про зональний поділ території США, в якій описувались лише біокліматичні зони. Таким чином, В. Докучаєв сформулював перший географічний закон – закон широтної зональності. В експедиціях та польових дослідженнях Докучаєва брало участь багато його учнів та послідовників (А. Краснов, Г. Морозов, Г. Висоцький, Г. Танфільєв, Н. Сібирцев, В. Вернадський, К. Глінка, Л. Берг, С. Неусруєв, Б. Полинов), які в результаті й сформували так звану «докучаєвську школу». Кожен із цих вчених зробив свій великий внесок у розвиток вчення про ландшафт.

А. Краснов – в 1895 р. вивчаючи взаємопов'язані територіальні об'єднання природних компонентів ввів поняття «географічні комплекси» (маючи на увазі територіальні комплекси близькі докучаєвським зонам). Г. Морозов – засновник наукового лісознавства. На основі поєднання порід дерев та різних типів ґрунтів визначав на певній території цілий ряд «географічних індивідуумів» – ландшафтів.

Г. Висоцький – першим зробив спробу зв'язати в одну систему різні за розмірами природні комплекси. Початковою одиницею була «місцевість». Кілька областей формували «область», а кілька областей об'єднувались у «країну». Також, йому належить ідея створення синтетичних комплексних карт, які згодом стали називати ландшафтними.

Б. Полин – є родоначальником геохімії ландшафту. У 30-х роках він почав розробку вчення про ландшафт з геохімічної точки зору. У 1944-1946 рр. ним дано визначення «геохімія ландшафту». Вчений дав геохімічну характеристику ландшафтів вологих субтропіків, зони мішаних лісів, чорноземних степів, розробив методологію геохімії ландшафту, сформував завдання та розробив нові методи досліджень для нової науки.

Один із найвідоміших та видатніших вчених кінця ХІХ початку ХХ ст. послідовників В. Докучаєва є Л. Берг. Його внесок у вдосконалення вчення про ландшафт є не менш вагомим, ніж у його родоначальника В. Докучаєва. Ще в 1913 р. Л. Берг створив перше зональне районування, а найголовніше, що вперше зони були названі ландшафтами. Хоч і до Л. Берга свої думки щодо ландшафту висловлювали І. Крашенніков, А. Борзов, Р. Аболін, та все ж саме Л. Бергу ми завдячуємо введенням у науку терміна «ландшафт». Л. Берг ще в 1915 р. дає перше розгорнуте визначення ландшафту. Л. Берг описує також роль та взаємодію кожного компонента природи та людини у ландшафті.

Докучаєвська школа була рушійною силою розвитку ландшафтознавства. Вона заклала фундамент нової науки, визначила її предмет та завдання, задала напрямок її розвитку. Надалі вченим залишалось розвивати та вдосконалювати ландшафтознавство як науку. Внесок докучаєвської школи є неоціненним. На початку та в середині ХХ століття теорія та практика вчення про ландшафт інтенсивно розвивається та знаходить нових зацікавлених у цій науці вчених. Із собою вони внесли нові ідеї, новий погляд на ті чи інші питання. Досить вагомий внесок зробив Л. Раменський, який створив новий розділ ландшафтознавства – морфологія ландшафту. У 30-х роках Л. Раменський обґрунтував концепцію нового напрямку – екотопології, або екології земель. В екотопології він об'єднав екологічні ідеї з ландшафтознавством. Він підкреслює, що об'єктом дослідження повинен бути не лише природний, а й антропогенний ландшафт. Л. Раменський першим показав співвідношення антропогенних ландшафтів із природними, їх місце у природному комплексі. В 40-50-х роках сформувався новий напрямок ландшафтознавства – геохімія ландшафту, основи якого заклав Б. Полинов. Цілю цього нового напрямку у ландшафтознавстві було вивчення міграції хімічних елементів у ландшафтах. Ще один новий напрямок який зародився у цей період і тісно пов'язаний із ландшафтознавством є «біогеоценологія» (В. Сукачов). Під цим терміном В. Сукачов розумів галузь знань про біогеоценози.

В 60-х роках під керівництвом В. Сочави було відкрито перші ландшафтно-географічні стаціонари. Тут проводились дослідження динаміки геосистем локального рівня.

Д. Арманд запропонував новий напрямок – геофізику ландшафту. Предметом нової науки було вивчення взаємодії компонентів ландшафту, що аналізується на рівні сучасної фізики. У 70-х роках завдяки Ф. Мількову з'явився ще один напрям – антропогенне ландшафтознавство. Започаткувавши

нову науку Ф. Мільков записав принципи та методи досліджень, запропонував кілька варіантів класифікації взаємодії між людиною та ландшафтами. Вивчаючи вплив антропогенного чинника на ландшафт Ф. Мільков друкує ряд праць з даної тематики. Ф. Мільков вважає, що предметом вивчення антропогенного ландшафтознавства є природні комплекси, що формуються під впливом людини. Саме в 60-70-х роках його послідовники все більше почали приділяти увагу проблемі перетворення природних ландшафтів у антропогенні. В цей період друкується кілька фундаментальних робіт посвячених антропогенним ландшафтам. Деякі з них: монографія А. Рябчикова (1972), регіональна робота М. Гродзинського (1977), курс лекцій «Антропогенні ландшафти» Л. Куракової (1976).

А. Ісаченко у своїх працях розглядає питання впливу людини на ландшафти в рамках прикладного, а не антропогенного ландшафтознавства. За Ф. Мільковим ландшафт – як природне так і соціально-історичне явище, але за А. Ісаченко ландшафт – виключно природне формування.

У 80-90-х роках набуває поширення концепція агроландшафту. Її засновниками були В. Ніколаєв, Г. Швєбс, С. Булигін, В. Бураков, А. Каштанов, М. Лопирєв. Сьогодні є велика кількість визначень агроландшафту. Наприклад за О. Г. Тараріко «Агроландшафт – це природно-антропогенна система, яка є об'єктом сільськогосподарської діяльності і водночас середовищем життєдіяльності людини, а також формування агрофітоценозів».

За визначенням Ф. Мількова та В. Ніколаєва, «Агроландшафт – це природноантропогенна геосистема, яка сформувалася і функціонує при тривалій взаємодії сільськогосподарського виробництва та природного середовища». Теоретичні та практичні розробки оптимізації структури земельних угідь, агроландшафтів широко відображені в працях багатьох вчених: Г.І. Швєбса (1985), П.Г. Шищенка (1988, 1993), А.Г. Ісаченка (1991), М.Д. Гродзинського (1993, 1995), Ф.М. Лісецького (1994), О.Г. Тараріко (2002).

3. Поняття про агроландшафти і їх класифікація, ознаки, будова і властивості

Агроландшафт – антропогенний ландшафт, основу якого становлять агроценози, тобто сільськогосподарські угіддя (поля, сіножаті, пасовища) та штучні лісові насадження, зокрема лісосмуги та інші захисні насадження.

Агроландшафти формуються в результаті взаємодії природно-потенціальних комплексів (ППК) з усіма ланцюгами системи землеробства, зокрема з інфраструктурою, протиерозійними заходами постійної дії (лісосмуги, протиерозійні гідротехнічні споруди різних типів, межі полів і сівозмін, польові дороги, гідрографічна мережа).

Сучасні агроландшафти – складні системи, які створені з різних елементів агроєкосистем (рілля, сіножаті, пасовища, багаторічні насадження) незначних за

площею ареалів лісів, чагарників, лісосмуг, природних лук, боліт, торфовищ та розташованих на їхніх територіях доріг, комунікацій і будівельних споруд.

Агроландшафт, або сільськогосподарський ландшафт це змінений в процесі господарської діяльності людини природний ландшафт, завдяки чому збільшуються продуктивні сили суспільства. В агроландшафті, як і в інших культурних ландшафтах, об'єднуються і взаємопроникають компоненти неживої природи (літо-, атмо-, гідросфера), ґрунтового покриву (педосфера) і частина біосфери (включаючи людину та її діяльність). Інакше кажучи, агроландшафт складається з агробіогеоценозів та інших структур (населені пункти, тваринницькі ферми тощо), зв'язаних між собою в єдине ціле, створюючи суперсистему.

У господарській діяльності необхідно враховувати екологічні закономірності, що існують в ландшафті. Змінюючи ландшафт в процесі діяльності, слід намагатися підтримувати таку структуру, яка нагадувала б природну, а якщо в окремих випадках це неможливо або недоцільно, створювати агроландшафти, додержуючись екологічних закономірностей, які проявляються в ландшафтах. У цьому випадку загальні і спеціальні питання сільськогосподарської екології доповнюють один одного.

Нині особливого значення набуває формування на тривалий час екологічно стійкого (здорового) і ефективного агроландшафту. Це означає, що агроландшафт поряд з досягненням найвищої продуктивності повинен такою ж мірою виконувати захисні, природоохоронні та естетичні функції. Цього можна досягти при створенні максимальної екологічної різноманітності території, що інтенсивно використовується. Вона дасть змогу протидіяти тим одностороннім навантаженням, що виникають при господарському освоєнні території (оранка, внесення добрив, пестицидів, органічних добрив і т.д.), тобто створити умови для запобігання водній і вітровій ерозії, забрудненню водойм і повітряного басейну, інакше кажучи, забезпечити екологічну стабільність ландшафту.

Такої стабільності, за В.В. Докучаєвим, можна досягти регулюванням річок, яруг, балок, а також водного господарства на всіх сільськогосподарських землях, нормованим визначенням площ, відведених під рілля, луки, ліси, застосуванням прийомів обробітку ґрунту, які найбільше сприяють правильному використанню вологи. Докучаєвський план оновлення степу – екологічний. Система лісових смуг, що захищають поля від суховіїв, система ставків, що підтримують на певному рівні ґрунтові води, – все це не насильницьке втручання у природу, а відновлення тих взаємозв'язків, що існували в первісному степу.

Таким чином, в агроландшафті повинна створюватись стійка саморегульована система, яка виключала б негативні явища. Вона повинна реалізувати комплексний підхід в агроландшафті, тобто охорону як землі, так і вод, рослинного й тваринного світу. Тому організацію території слід орієнтувати не тільки на межі господарств, що, як правило, не відповідають

природним межам у ландшафті, а й на басейни річок, які є основними осередками ландшафту. Так, наприклад, у лісових районах випадає значна кількість опадів, однак нестача поживних елементів у ґрунті знижує продуктивність сільського господарства. Застосовуючи мінеральні добрива, осушуючи болота, мобілізуючи внутрішні ресурси ландшафту, людина забезпечує рослини і свійських тварин необхідними елементами, тобто створює культурний ландшафт з оптимальним геохімічним режимом, в якому поєднуються позитивні сторони лісового (багато вологи) і степового (родючі ґрунти) ландшафтів. Такий оптимальний культурний ландшафт повинен бути найкращим у гігієнічному відношенні і відповідати оптимальним умовам життя людини.

За сучасних умов загостреної уваги до проблем екології ефективність сільськогосподарського виробництва також оцінюється з урахуванням змін у природному середовищі, які спричинюються господарською діяльністю людини.

Одним з фундаментальних узагальнень науки є твердження, згідно з яким будь-яка трансформація матерії здійснюється шляхом зміни форм енергії. Початково енергетичний підхід домінував у науках фізико-технічного циклу, а згодом поширився і в природничих науках. Проте складність біологічних систем – одна з причин обмеженого застосування щодо них енергетичної концепції. Поступове розширення обсягів використання законів термодинаміки для аналізу різноманітних біологічних і екологічних явищ дозволяє глибше зрозуміти механізм наявних у природі взаємозв'язків та їх залежність від характеру трансформації енергії в системах.

Інакше кажучи, подібно до того, як це трапляється у різних природних об'єктах, різноманітні структури агроценозів також формуються й розвиваються внаслідок певних енергетичних систем. Енергія є рушійною силою як для біологічного колообігу речовин, так і для формування і підтримання їх у стані динамічної рівноваги. Тому аналіз закономірностей функціонування агроecosystem повинен ґрунтуватися на аналізі трансформації в них речовин та енергії.

Ландшафти України підтримувалися у гармонійному стані лише до першої половини ХІХ ст., тобто до ліквідації кріпосництва, після якого розпочалося систематичне вирубування лісів у лісостеповій, осушення земель у польській та розорювання у степовій зонах.

У наш час можна говорити про два типи агроландшафтів, що сформувалися в Україні. Перший тип характеризується розлогими ланами, померезаними полезахисними лісосмугами, 80–90%-ю розораністю земельного фонду. Тут поширені монокультури, у помірних кормах застосовуються мінеральні добрива і хімічні засоби. Це – наші степи.

Другий тип характеризується мозаїчним поширенням полів серед деревної рослинності, диференційованим вирощуванням сільськогосподарських культур,

інтенсивним застосуванням мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Це – зони Лісостепу і Полісся. Таким ландшафтам притаманна значно вища продуктивність при збереженні природного продукційного потенціалу.

Агроландшафти першого типу швидко наближаються до виробничих і біологічних бар'єрів, порушення яких загрожує кризою у сільському господарстві регіону.

У сільськогосподарських ландшафтах тісно переплітаються різні процеси – фізичні, хімічні, біологічні, екологічні, соціальні і політичні, що свідчить про необхідність розробки екологічної концепції агроландшафтів, регіону в цілому, яка б дозволила враховувати не лише загальносуспільні потреби у продуктах сільського господарства, потреби розвитку самого сільського господарства, а й екологічну місткість агроландшафтів і можливі зміни в їхньому природному середовищі.

Реалізація ідеї екологічного землеробства передусім передбачає відповідне облаштування сільської місцевості, яке б включало всі елементи екологічної інфраструктури – поля, території відновлення (регенерації) біологічних ресурсів людини і середовища, а також бар'єри, що запобігають поширенню забруднень у природі. Особливе місце в екологічній інфраструктурі агроландшафтів займають лісові насадження різного призначення, масиви задернованих земель, малі водойми і водотоки. Останні повинні забезпечити екологічний мінімум запасу води в агроландшафті.

Для того, щоб забезпечити належну якість природного і культурного середовища агроландшафту, треба здійснити новелізацію і кодифікацію усіх адміністративних прописів щодо природного середовища агроландшафту та його охорони.

З цього погляду доцільно було б провести, по-перше, обґрунтування можливого рівня застосування мінеральних добрив відповідно до екологічної місткості агроландшафту, яку встановлюють виходячи із ступеня замкнутості біогеохімічних циклів елементів живлення рослин і міграційної здатності, зокрема, тих елементів, які вносяться в ґрунт одноразово і протягом холодної пори року. По-друге, заборонити локалізацію тваринницьких комплексів, які виробляють значну кількість гноївки у водоохоронних зонах, приміських територіях і цінних у природоохоронному і рекреаційному відношенні ландшафтах. По-третє, здійснити (в міру замкнутості циклу) трансформацію в ґрунті всіх органічних відходів сільськогосподарського виробництва шляхом внесення їх у вигляді компостів тощо. Але основне значення в системі природоохоронних заходів має проведення екологічної експертизи всіх агротехнічних нововведень і гіпотетичних виробничих об'єктів.

Велику увагу слід приділити запобіганню відмиранню ставків і деградації рибництва, якому потрібно повернути традиційні функції стражу чистої води в ландшафті.

У практиці формування інфраструктури агроландшафту слід керуватися екологічними принципами, за якими культурне середовище агроландшафту трактується як екосистема традиційної природної культури, де функції поселення узгоджуються з перебігом природних режимів і процесів, а його (поселення) структура враховує соціальні, психологічні і господарські аспекти.

Крім структури сільськогосподарських угідь, існує ще один суттєвий фактор формування середовища сільського ландшафту. Це – організація сільських поселень, їхня архітектура, яка є необхідною умовою підтримання просторової організації і естетики середовища, а також збереження місцевих культурних традицій. Сучасне будівництво в українському селі розвивається у повному відриві від регіональної специфіки і характеризується просторовим безладдям розміщення будов, низькими естетичними якостями.

Природні ландшафтні територіальні структури (ЛТС) у системному розумінні розглядають як географічні системи, тобто земний простір певної розмірності, де окремі компоненти природи перебувають у системному зв'язку один з одним і як певна цілісність взаємодіють з космічною сферою та людським суспільством.

Складовими природних геосистем є природні компоненти: тверді маси земної кори, повітряні маси атмосфери, поверхневі та ґрунтові води, ґрунти, рослинність, тварини, мікроорганізми. До геокомпонентів не належать рельєф і клімат, оскільки це не матеріальні тіла, а їх властивості, а також антропогенні об'єкти, як тіла неприродного походження. Останні виступають як зовнішні відносно геосистеми.

Геосистему розглядають як ландшафт у цілому, так, як і невелику ділянку земної поверхні (наприклад, схил чи його частину). При цьому аналіз геосистем як територіальних об'єктів залежить від їх виділення з простору та внутрішньої територіальної структури. З багатьох просторових відношень між геотопами виділяють п'ять їх основних типів, які разом визначають основні риси ландшафтно-територіальної організації в цілому та можливість вирішення переважної більшості практичних завдань раціонального землекористування.

Цими відношеннями та відповідними їм *типами ландшафтно-територіальних структур (ЛТС)* є: генетико-морфологічні, позиційно-динамічні, парагенетичні, басейнові, біоцентрично-мережеві. Генетико-морфологічна ландшафтно-територіальна структура.

Основою виділення одиниць цієї ЛТС є об'єднання територіально суміжних геотопів у більші геосистеми за принципом спільності їх походження (генезису), часу виникнення та закономірностей розвитку (еволюції). Близькі в генетичному відношенні геосистеми мають однотипну геокомпонентну будову (близькі генетичні типи геологічних порід, ґрунтів, рельєфу тощо), подібні за зовнішнім фізіологічним виглядом, оскільки він значною мірою зумовлений генезисом рельєфу. Послідовно об'єднавши суміжні геотопи у більші за розміром територіальні одиниці, так що вони стають генетико-морфологічно

однорідними відносно певного рівня, виділяють підурочище, урочище, місцевість, ландшафт.

Для вирішення практичних задач землевпорядкування важливе значення має виділення перших двох рівнів цієї системи, в межах яких формуються виробничі ділянки сільськогосподарських угідь, поля і робочі ділянки сівозмін. Ділянки пасовищ, сіножатей, поля сівозмін сформовані в межах генетикоморфологічно однорідної геосистеми, відповідають вимогам агротехнічної однорідності, що дозволяє розробляти й використовувати технології виробництва, максимально наближені до природних умов. Зменшується ризик руйнування генетично сформованих зв'язків між геокомпонентами, що існують на цій території, виробничими процесами.

Позиційно-динамічна ландшафтно-територіальна структура. Основою формування цієї ЛТС є відношення геотопів до ландшафтних 14 рубежів, вздовж яких змінюються інтенсивність та напрям горизонтальних речовинно-енергетичних потоків. Носіями потоків служать такі геокомпоненти, як вода, повітря та живі організми. Разом з ними відбувається міграція інших речовин, зокрема техногенних забруднень. Найбільш тривкими за напрямом і здатними односпрямованими зв'язками інтегрувати (об'єднувати) геотопи в територіальні структури в ландшафті є горизонтальні потоки води. З потоками води по земній поверхні переміщуються частки ґрунту (площинна ерозія), хімічні елементи та сполуки, отрутохімікати, мікроорганізми тощо. Ці процеси охоплюють великі площі, і їх екологічні наслідки суттєві. Щорічні змиви ґрунту в ландшафтах України сягають 15-30 т/га. З цією масою ґрунту втрачається велика кількість поживних речовин, які є основою продуктивності земель. Якість ґрунтів у зв'язку з цим погіршується, знижується продуктивність геосистем у цілому.

Територіальні одиниці позиційно-динамічних ЛТС виділяють так, щоб інтенсивність сучасних та потенційно можливих процесів, зумовлених горизонтальними речовинно-енергетичними потоками на них, була майже однаковою, тому межі між ними проводять вздовж ліній стрибкоподібної зміни градієнтів горизонтальних потоків. Такі лінії називають каркасними лініями динаміки ландшафту. Ними є всі каркасні лінії – вододільна, тальвегу, подошви, бровки, схилу, ліній його перегинів. Оскільки інтенсивність поверхневого стоку суттєво залежить від стрімкості схилу, то в геотопах, розташованих між двома каркасними лініями рельєфу, вона буде в цілому однаковою. Ця об'єктивна закономірність формування поверхневого стоку на схилових поверхнях є важливою і повинна враховуватись при розв'язанні багатьох землевпорядних задач.

Територіальні одиниці, обмежені каркасними лініями ландшафту, здебільшого мають форму смуг, що й послужило основою формування виробничих ділянок в агроландшафтах у вигляді витягнутих вздовж горизонталей смуг.

Ландшафтні смуги – це група геотопів, які мають спільне положення відносно меж зміни інтенсивності горизонтально-речовинних потоків. У ландшафтних смугах, розташованих у певному діапазоні висот, подібні морфологія рельєфу, набір сучасних екзогенних чинників рельєфоутворення, ґрунтофітоценотичні процеси, що зумовлює необхідність диференційованого використання цієї території в сільськогосподарському виробництві.

Парагенетична ландшафтно-територіальна структура. Формотворчими відношеннями парагенетичної ЛТС є відношення геотопів до лінії концентрації речовинно-енергетичних потоків (наприклад, вздовж річкового русла), ліній розділу контрастних середовищ (берегова лінія). Територіальними одиницями парагенетичної ЛТС є сукупність взаємозв'язаних геотопів, об'єднаних за генетичною єдністю та односпрямованістю розвитку в межах заплавноруслової частини долини або днищ ерозійних форм (днища балок, яружнобалкові утворення). При господарському використанні цих територій важливою характеристикою є особливості заплави та русла, а саме: морфометричні показники, особливості підтоплення, інтенсивність відкладення наносів, сучасна рослинність. Організація використання цих територій має тісно ув'язуватись з типом концентрації речовинно-енергетичного потоку.

Розрізняють долиннорічкові, яружно-балкові, лиманно-гирлові парагенетичні ЛТС. Їх диференційоване сільськогосподарське використання теж має вигляд смуг, які опираються на русло.

Басейнова ландшафтно-територіальна структура. Структуроформуєчими відношеннями басейнової ЛТС є концентрований поверхневий стік з розчиненими та завислими в ній речовинами. Концентрація площинного стоку в лінійний можлива за певної мінімальної площі, з якої поверхневі води збираються до лінійної ерозійної форми. Це призводить до формування басейнів – територій, поверхневі води з яких стікають лише до одного водостоку. Басейн можна розглядати як індикатор багатьох динамічних процесів, що мають місце в його межах. Структуроформуєчими відношеннями басейнової ЛТС є річки, сухо річчя, балки, лоцини та яри. У землевпорядкуванні при формуванні виробничих ділянок (полів) їх використання вимагає врахування місцеположення в басейні.

Біоцентрично-мережева ландшафтно-територіальна структура. Елементом цієї ЛТС у ландшафті належить стабілізаційна екологічна функція. Їх самовідтворення та розвиток є органічною складовою частиною ландшафтів. Геотопи, пов'язані між собою на рівні особливостей поведінки, міграції та взаємовідносин популяцій живих організмів, формують біоцентричномережеву ЛТС. Просторові зв'язки між біотичними елементами геосистеми зумовлені такими процесами, як перехресне запилення, рознесення спор, насіння, міграція рослин і тварин. Основними елементами цієї структури є біоцентри, біокоридори та інтерактивні елементи.

Біоцентр – це група суміжних геотопів з природною рослинністю, які виконують функції збереження генофонду ландшафту, впливу, що оптимізує на прилеглі геофони з культурною рослинністю (рілля).

Біокоридор – видовжений ареал території, представлений геотопами з природною рослинністю, вздовж якого відбуваються біотичні міграції між окремими біоцентрами. Забезпечення умов міграції видів – основна функція біокоридорів. Важливими функціями є також бар'єрна (снігозатримання, зменшення поверхневого стоку), місце проживання багатьох видів тварин і рослин, особливо птахів, оптимізує вплив на окремі геотопи, естетична. Від біоцентру або біокоридору можуть відгалужуватись лінійні ареали, зайняті геотопами з природною рослинністю, для виконання функції розширення їх дії на прилеглі агро- або урбоугіддя – інтерактивні елементи – лінійні ареали, представлені геотопами з природною або близькою до неї рослинністю, відгалужені від біоцентру чи біокоридору, виконують функцію поширення їх дії на прилеглі сільськогосподарські угіддя, однак не з'єднують між собою біоцентри. Вважається, що позитивний вплив елементів біоцентрично-мережевої ЛТС поширюється на прилеглі агроугіддя в середньому на 300-500 м.

4. Функціональна роль ґрунту

Із біогеоценотичного погляду під ґрунтом слід розуміти «поверхневий шар літосфери, який бере участь у біологічному колообігу і набуває властивостей природного компонентного тіла із безперервним для нього обміном речовин і енергії, що зумовлюють його утворення, плодючість, закономірності формування та еволюцію» (Зонн І.С.).

Виходячи із наведених визначень, можна підкреслити, що ґрунт – та базисна основа, фундамент, на якому виникають, розвиваються і функціонують різноманітні наземні екосистеми. Потужність ґрунту як компонента екосистем і вертикальні межі його просторового розповсюдження обмежені згори зовнішньою, прилеглою до приземного шару повітря, поверхнею підстилки (мертвого рослинного опаду), а знизу – глибиною граничного розповсюдження кореневих систем фітоценозу. Ця товща ґрунту забезпечує організми вологою, елементами живлення й одночасно знаходиться під їх впливом. Ґрунт має також фізичні властивості, які найбільшою мірою задовольняють потреби рослин, тварин і мікроорганізмів (щільність, аерація, температура тощо). Потужність поверхневого шару Землі, який бере участь у ґрунтоутворенні, відповідає потужності біогеоценотичного покриву, у межах якої розміщені тіла, що беруть участь у колообігу речовин і потоці енергії. Ця потужність різноманітна у різних природних зонах.

Таким чином, у межах суходолу головна область розвитку життєвих процесів представлена ґрунтом разом із прилеглою до нього частиною атмосфери. Ґрунтовий покрив утворює на планеті особливу біогеохімічну оболонку Землі – педосферу. Вона займає площу 122,5 млн км². Як жива

частина біосфери, він являє собою область найбільшої концентрації живих організмів і продуктів їх життєдіяльності та розкладу. Практично вся рослинність суходолу та увесь тваринний світ щільно пов'язані з ґрунтом як із субстратом і необхідним джерелом живлення.

Важлива функціональна властивість ґрунту – його родючість, здатність забезпечити необхідні умови для розвитку рослин. Найбільше значення у родючості ґрунтів відіграє гумус, що утворюється із продуктів біохімічного розкладу решток організмів. Кількість гумусу визначає наявність у верхніх шарах ґрунту сполук Нітрогену, Фосфору, Калію, Сульфуру, Кальцію та мікроелементів – необхідних елементів живлення рослин.

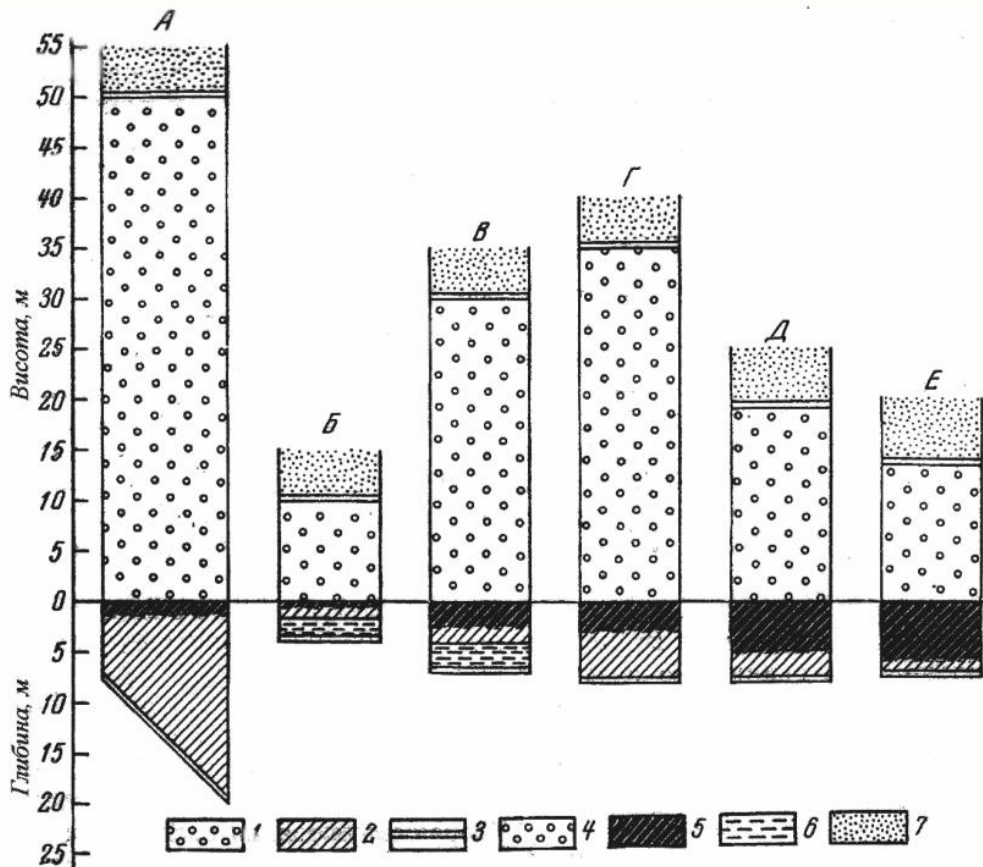


Рис. 1.1. Узагальнена схема будови і зональної зміни потужності ґрунту та екосистем: яруси екосистем: 1 – надземний, 2 – підземно-ґрунтовий, 3 – межі екосистем, 4 – рослинні і тваринні організми, 5 – ґрунт, 6 – ґрунтові води, 7 – атмосфера, А – вологі тропічні ліси, Б – лісотундра, В – тайга, Г – лісостеп, Д – степ, Е – напівпустеля.

Важливі процеси матеріального обміну між літосферою, атмосферою та гідросферою обумовлені різними фізичними фазами: твердою фазою, утвореною мінеральними та органічними сполуками; рідинною фазою,

сформованою ґрунтовою водою, вологою; та газовою фазою – ґрунтовим повітрям (аерація).

Запаси органічних речовин та енергії у педосфері досить значні. Сумарні запаси гумусу у сухопутних ґрунтах складають $2,4 \cdot 10^{12}$ т, або 160 т/га. Перерахунок на потенціальну енергію показує, що запаси енергії, які містяться у гумусі педосфери, становлять 10^{19} Ккал. Ця величина співмірна тій кількості енергії, яка міститься у надземній частині біомаси рослинності земної кулі. Після урахування коріння рослин і живих організмів, що мешкають у ґрунті, ця величина стає переважною.

Ґрунти виконують функцію середовища для багатьох організмів: від мікроорганізмів, водоростей, найпростіших до багатьох груп безхребетних і хребетних тварин. За даними В.А. Ковди, лише біомаса мікроорганізмів, яка використовує ґрунт як середовище існування, оцінюється у 10^8 т. У ґрунтах різних екосистем і природних зон на коріння рослин припадає в середньому до 50 % усієї наземної фітомаси. Лише у лісових біогеоценозах біомаса деревостою переважає біомасу коріння. У трав'янистих рослин частка біомаси коріння значно переважає надземну фітомасу. А у холодних пустелях тундри та на гірських плато це співвідношення може становити до 95-97 %.

Біомаса різноманітної ґрунтової фауни у різних екосистемах також значно переважає наземну. Безпосередньо у ґрунтовому горизонті на різних широтах вона коливається у межах 85-93 %, у підстилковому прошарку, який займає проміжне положення між ґрунтом і надземним горизонтом, – 1,5-4,5 %, у надземному горизонті – 2,5-13,5 %, де на безхребетних тварин припадає 91-99 %.

Важливий функціональний компонент – проміжний шар між ґрунтом і наземним середовищем – підстилка, утворена рослинним опадом. Цей опад – основне джерело живлення більшості ґрунтових тварин і мікроорганізмів. Це «первинна фабрика» ґрунотвірного процесу, де відбувається перетворення органічних решток на гумус і мінеральні речовини. З опадом повертається до ґрунту значна частина спожитих рослинами мінеральних речовин і нітрогену – матеріальноенергетичної основи для ґрунтоутворення та інших біогеоценотичних процесів, зокрема як захисний блок у збереженні ґрунтового середовища для біорізноманіття та утворення сприятливіших умов від промерзання у північних і помірних широтах.

? *Питання для самоконтролю*

1. Які завдання вирішує моніторинг агроландшафтів?
2. Що є предметом вивчення моніторингом агроландшафтів?
3. Які вчені зробили внесок у вивчення агроландшафтів?
4. У чому особливість будови агроландшафтів?
5. Опишіть будову і властивості агроландшафтів.

✍ Практичні завдання

Масу змитих часточок визначають шляхом зважування. Для цього відстійники очищають від ґрунту після кожного дощу або танення снігу. Коли відома маса посудини з водою і ґрунтом $P_{Г.В}$, маса порожньої посудини P , маса посудини з водою P_B і щільність твердої фази ґрунту D_T , то різниця між $P_{Г.В} - P_B$ є масою абсолютно сухого ґрунту в посудині $P_Г$ при відніманні маси води P_1 , яка міститься у ґрунті за умови заповнення всіх пор водою:

$$P_{Г.В.} - P_B = P_Г - P_1 \quad (1.1)$$

Знаючи, що маса ґрунту дорівнює добутку об'єму на його питому масу, знайдемо:

$$P_Г = VD_T, \text{ а } P_1 = VD_B, \quad (1.2)$$

де V – об'єм твердої фази ґрунту, що дорівнює об'єму води; D_B – густина води.

Підставивши ці значення в рівняння, знайдемо:

$$P_{Г.В} - P_B = VD_T - VD_B, \text{ звідси} \quad (1.3)$$

$$P_{Г.В} - P_B = V(D_T - D_B), \text{ тоді}$$

$$V = \frac{P_{Г.В} - P_B}{D_T - D_B} \quad (1.4)$$

Оскільки густина води D_B при температурі 4°C дорівнює 1 г/см^3 , формула для визначення об'єму твердої фази ґрунту має такий вигляд:

$$V = \frac{P_{Г.В} - P_B}{D_T - 1} \quad (1.5)$$

Маса змитого ґрунту в цьому зразку дорівнюватиме:

$$P_3 = DV \quad (1.6)$$

Підставивши значення V у цю формулу, отримаємо:

$$P_3 = (P_{Г.В} - P_B) \times \frac{D_T}{D_T - 1} \quad (1.7)$$

Окрім того, обчислюють такі показники:

1. Масу ґрунту, змитого зі стокового майданчика. Якщо в об'ємі розділювального лотка $A \text{ см}^3$ міститься $B \text{ г}$ сухого ґрунту, то в загальному об'ємі стоку $C \text{ см}^3$ буде міститися $X \text{ г}$ твердого стоку (сухого ґрунту). Звідси

$$X = \frac{BC}{A} (\text{г}) \quad (1.8)$$

2. Загальну масу змитого ґрунту з облікової площі $P_{Г.П}$. Вона дорівнює масі ґрунту у відстійниках $P_{Г.ВС}$ плюс масі ґрунту, змитого рідким стоком X :

$$P_{Г.П} = P_{Г.ВС} + \frac{BC}{A} \quad (1.9)$$

3. Масу ґрунту, змитого з 1 га ріллі P_3 . Якщо з облікового майданчика S_M було зрито $P_{Г.П} \text{ г}$ (кг) ґрунту, то з 1 га ріллі S буде зрито $P_{Г.Г}$ ґрунту. Звідси

$$P_{Г.Г} = \frac{SP_{Г.П}}{S_M} \quad (1.10)$$

Розрахунки можна провести також іншим методом. Для цього із загального стоку води із ґрунту відбирають зразок певного об'єму (наприклад, 1 л), фільтрують, а залишок на фільтрі висушують і зважують. Якщо відомий загальний стік води і ґрунту A з облікового майданчика, об'єм зразка, взятого для аналізу B , а також маса сухого ґрунту в зразку C , твердий змив визначають за формулою:

$$P_T = \frac{A \times C}{B}, \quad (1.11)$$

Твердий змив на 1 га ріллі перераховують описаним вище методом.


ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ГРУНТОВО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ АГРОЛАНДШАФТІВ, ЗВОРОТНІ ТА НЕЗВОРОТНІ ЗМІНИ В НИХ

ТЕМА 2. МОНІТОРИНГ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ

Мета: схарактеризувати антропогенне забруднення ґрунту, вод та сільськогосподарської продукції в агроландшафтах, визначити екологічні основи збереження родючості ґрунтів в агроландшафтах, розкрити екологічні основи сівозмін та екологічну оцінку забруднення території агроландшафтів.

План

1. Антропогенне забруднення ґрунту, вод та сільськогосподарської продукції в агроландшафтах.
2. Екологічні основи збереження родючості ґрунтів в агроландшафтах.
3. Екологічні основи сівозмін.
4. Екологічна оцінка забруднення території агроландшафтів.

 **Основні поняття:** забруднення; ксенобіотики; важкі метали; фоновий вміст; коефіцієнт концентрації; деградація ґрунтів; сівозміна; структура посівних площ; ротація.

1. Антропогенне забруднення ґрунту, вод та сільськогосподарської продукції в агроландшафтах

Господарська діяльність, що призводить до зміни хімічного складу будь-якого природного компонента довкілля, є за своєю суттю геохімічною, за охоплення ще й біотичних компонентів – біогеохімічною.

Техногенне втручання у природний хімічний склад чи то повітря, чи води, ґрунтів, літосфери, або живої речовини, неминуче, з більшою або меншою швидкістю передається від одного середовища до іншого в процесі їхніх екологічних взаємовідношень і взаємоперетворень. Тому, із усталених геохімічних та екологічних позицій зміну хімічних властивостей довкілля, пов'язану з господарською діяльністю та іншими антропогенними процесами, розцінюють як забруднення.

Шкодочинність або й токсичність забруднювальних речовин визначають три чинники. Перший чинник – це їхня хімічна природа (активність, доступність тощо), тобто наскільки елементи, сполуки або речовини активно вступають у хімічні взаємодії, розчиняються і мігрують у середовищах поширення. Другий – це концентрація, або вміст на одиницю об'єму чи маси повітря, води, ґрунту тощо. Третій чинник – стійкість агента, тобто тривалість його існування в активному стані у повітрі, воді, ґрунті й інших середовищах.

Забруднення з екотоксичними наслідками, що виникають в результаті господарської діяльності людини, узагальнено називають антропогенними. Їх

розділяють на промислові (від окремих підприємств чи галузей промисловості), сільськогосподарські (від внесення добрив, використання отрутохімікатів, безгосподарне скидання відходів тваринництва тощо), військові (військова промисловість, військові випробування і бойові дії, наслідки знищення хімічної зброї тощо).

За своєю природою усі забруднення ділять на фізичні, фізико-хімічні, хімічні, біологічні та механічні. *Фізичне забруднення* пов'язане зі зміною фізичних властивостей середовища: температури (теплове забруднення); хвилевих параметрів (світлове, шумове, електромагнітне забруднення); радіаційних параметрів (радіаційне, радіоактивне забруднення).

Фізико-хімічне забруднення – це аерозольне забруднення повітря дрібнодисперсними рідкими або твердими речовинами (смог, дим). Проникнення в довкілля хімічних речовин, відсутніх у ньому раніше, або таких, що змінюють природну концентрацію до рівня, який перевищує звичайну норму, класифікують як *хімічне забруднення*. До хімічних належать забруднення важкими металами й іншими токсичними елементами, пестицидами, окремими простими або складними хімічними речовинами. *Біотичне забруднення* пов'язане із потраплянням у довкілля і розмноження в природному середовищі небажаних для людини, у т.ч. отруйних організмів. Це може бути також проникнення до природних екосистем «чужих» для їх біоценозу організмів. Особливо небезпечним є *забруднення довкілля патогенними мікроорганізмами*. Засмічення середовища агентами, що роблять його просторові параметри неприродними, мають несприятливу механічну й фізичну дію, є *механічним забрудненням*. Проте, воно практично завжди супроводжується негативними фізико-хімічними ефектами – привнесенням у своєму складі різних *ксенобіотиків*.

При вивченні забруднення агроландшафтів об'єктом особливої уваги є елементи, молекули, речовини, що володіють такою властивістю, як біодоступність. Такі агенти здатні взаємодіяти немеханічним способом із живими організмами. Як правило, це елементи чи сполуки, що присутні у середовищі існування організмів у газоподібному або рідкому стані, у формі водних розчинів, адсорбовані на частках ґрунту і різних поверхнях, інколи тверді речовини, але у формі дрібнодисперсного пилу (розміром не більше 50 мкм), нарешті, речовини, що потрапляють в організм з їжею.

За розрахунками фахівців, у природному середовищі знаходиться від 7 до 8,6 млн. хімічних речовин, а їх перелік щорічно поповнюють ще 250 тис. нових сполук. Із багатьох хімічних речовин особливо небезпечні 200: бензол, азбест, бенз(а)пірен, пестициди (ДЦТ, елдрин, ліндан та ін.), важкі метали (особливо ртуть, свинець, кадмій), різноманітні барвники і харчові добавки тощо.

Загалом до переліку екотоксичних забруднювальних агентів довкілля включені забруднювачі повітря – гази: оксиди сірки, азоту й вуглецю; озон; хлор; вуглеводні; фреони; пилові частки: азбест, вугільний пил, кремній,

метали. Забруднювач води і ґрунту – це метали, пестициди хлороорганічні (ДДТ, елдрин, диелдрин, хлордан), нітрати, фосфати, нафта і нафтопродукти, органічні розчинники (толуол, бензол, тетрахлоретилен), низькомолекулярні галогеновані вуглеводні (хлороформ, бромдихлорметан, бромоформ, тетрахлорметан, дихлоретан), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), поліхлоровані біфеніли, діоксин, дібензофурані, кислоти.

Попри велику присутність ксенобіотиків у побуті й середовищі життя людей, основну частку шкідливих хімічних агентів все ж становлять відходи різних галузей виробництва. Вони розповсюджені у навколишньому середовищі у формі газів, рідин, твердих частинок. Ці речовини можуть взаємодіяти між собою та з компонентами довкілля, надходити до організму людини з повітрям, водою та харчовими продуктами і, залежно від дози й тривалості надходження, спричинити алергічні реакції, гострі та хронічні отруєння і системні захворювання.

Залежно від походження і шляхів переміщення у довкіллі чужорідні хімічні речовини можна поділити на такі групи:

- ✓ ксенобіотики промислового походження (органічні розчинники, барвники тощо);
- ✓ важкі метали та інші хімічні елементи, які використовують у промисловому виробництві;
- ✓ агрохімікати й отрутохімікати, що використовують у сільському господарстві (добрива, гербіциди, пестициди, інсектициди);
- ✓ лікарські препарати;
- ✓ побутові хімічні речовини, що використовують як харчові добавки, засоби санітарії, особистої гігієни, косметичні засоби;
- ✓ отрути біологічного походження, які утворюються в організмі тварин, рослин, грибів, у клітинах мікроорганізмів, або за їх розкладання;
- ✓ отруйні речовини масового ураження, засоби хімічної зброї (зарин, іприт, фосген та інші).

Проте, лише екополютант, що накопичився в середовищі в кількості, достатній для спричинення токсичного процесу в біоценозі (на будь-якому рівні організації живої матерії), може бути розглянутий як екотоксикант.

У регіонах із потужним промисловим виробництвом і щільною урбанізацією, а також інтенсивного аграрного виробництва, відбувається безперервне надходження ксенобіотиків у всі компоненти навколишнього середовища. У складі техногенних і комунальних викидів – сотні неорганічних та органічних хімічних агентів різної концентрації, дисперсності, реактивності, та, врешті решт, токсичності для людини й біоти.

Забруднення агроландшафтів мінеральними речовинами зазвичай досліджують за окремими хімічними елементами. Від 60-х років ХХ ст. особливу увагу приділяли групі елементів, уміст яких у природних компонентах менше 0,01% і яку умовно назвали «важкими» металами. До важких металів

належать більше 40 елементів із атомною масою понад 50 одиниць: V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi та ін. Згодом групу доповнили іншими рідкоземельними (розсіяними) елементами, яким властиві сильна токсичність, мутагенний і канцерогенний ефекти. Загалом рідкоземельні (розсіяні), у т.ч. важкі метали, є природними компонентами літосфери і широко розповсюджені в навколишньому середовищі.

Різноманітні викиди – дими, розсіюваний пил, тверді відходи, стоки, зазвичай містять велику групу елементів. Інтенсивність міграції визначається швидкістю обміну й перерозподілу хімічних елементів між компонентами природного середовища.

Базовим поняттям в екології є *фоновий вміст*, як середній зміст хімічних елементів в природних тілах за результатами дослідження їхньої природної варіації (статистичних параметрів розподілу). *Природний геохімічний фон* – це середня величина природної варіації вмісту хімічних елементів у компонентах довкілля, яка сформована до того часу, коли це довкілля зазнало антропогенного забруднення. *Геохімічний фон* – поняття первинне, місцеве (локальне, регіональне). Показники концентрації, підраховані за відношенням до геохімічного фону, називають *коефіцієнтами аномальності* (контрастності).

Коефіцієнти концентрації (аномальності), підраховані за відношенням до середнього вмісту хімічного елемента в літосфері (кларка), в будь-якій геохімічній системі (грунті, гірській породі, рослинності тощо) або у її таксономічній одиниці (тип ґрунту, тип гірської породи, тип рослинності тощо), називають кларками концентрації.

Кларк елемента – це число (у % або г/кг), що виражає середній його вміст у літосфері (чи гідросфері, Землі загалом тощо) стосовно загальної її маси. У результаті міграції хімічних елементів по природних транспортних каналах в довкіллі утворюються геохімічні аномалії.

Геохімічна аномалія – ділянка території, в межах якої хоч би в одному з природних тіл, що складають його, статистичні параметри розподілу хімічних елементів достовірно відрізняються від геохімічного фону. Поява геохімічних аномалій завжди пов'язана з тими або іншими природними і неприродними джерелами дії, що не є обов'язковим компонентом цього типу геологічної структури або ландшафту. Навколо антропогенних джерел забруднення утворюються антропогенні геохімічні аномалії.

У промислово розвинутих регіонах різних країн вміст деяких важких металів у ґрунтах перевищує фоновий рівень в 30-40 разів, а зони поширення техногенного забруднення в околицях мегаполісів і потужних промислових підприємств сягають 70-80 км. Зоною забруднення зазвичай стають ті частини геохімічної аномалії, в межах яких забруднювальні речовини сягають концентрації, що чинить несприятливий вплив на живі організми. Локальні аномалії, пов'язані з діяльністю промислових підприємств або транспортних магістралей, накладаються на регіональний сільськогосподарський техногенний

фон, який змінюється залежно від ступеня хімізації та інтенсивності використання земель.

Систематичне нарощування обсягів застосування мінеральних добрив на дерново-підзолистих ґрунтах України впродовж 60 років призвело до кількакратного збільшення вмісту в них Pb, Ni, Cr, Cd, Zn, Cu. Водночас для зниження наполовину вмісту таких металів, як Zn, Cd, Cu, Pb необхідно, відповідно 500, 1100, 1500 і кілька тисяч років.

Хімічні елементи в повітрі та воді мігрують у вигляді двох основних форм: розчиненої та завислої. У атмосферному повітрі елементи можуть знаходитися в аерозольній фазі (зависла в повітрі, дисперсна) і парогазовій фазі. У відносно чистих - еталонних фонових умовах, більшість металів (Cd, Co, Cr, Cu, Zn, Pb, і Hg), а також Se, As, Br, Sb містяться в атмосфері, головним чином у парогазовій формі. У атмосферному повітрі селітебних територій великого промислового міста роль суспензій у складі атмосфери для більшості елементів зростає до 70-90 %. Проте для низки елементів парогазова фаза, або не уловлювана фільтром субмікронна фракція, становить значну частину вмісту (As – 66 %, Sb – 67 %, Hg – 60 %).

Практично для усіх досліджених хімічних елементів на відносно віддалених і порівняно чистих територіях в осадах з атмосфери переважають їх розчинні форми. Поблизу джерел викидів одночасно зі збільшенням загальної маси повітряного пилу і ступеня концентрації в ньому елементів стрімко зменшується частка їх розчинних форм (окрім кадмію). З іншого боку, осадженнями фіксується усього лише 20-30 % маси викидів. Інша частина викиду розсіюється, поступаючи в регіональні і глобальні міграційні цикли, створюючи «фонове» забруднення.

Центр найщільніших випадань поллютантів приурочений до джерела викиду. Проте, вплив процесів глобального перенесення антропогенних забруднюючих речовин призвів до того, що зараз, по суті, не можливо отримати надійні дані щодо природного фонового стану повітря і випадань, які мають визначатися ходом вулканічної діяльності й літогенними процесами. Елементи, що поступають із осадами з атмосфери, концентруються у поверхневій частині ґрунтів (0-20 см і 0- 40 см). В результаті техногенних викидів та акумуляції ґрунти починають трансформувати сполуки важких металів, і в ґрунтових горизонтах виникають нові металорганічні сполуки, яких не було до техногенного забруднення. Локалізація та інтенсивність емісії техногенних хімічних елементів зумовлює формування техногенних геохімічних аномалій і біогеохімічних провінцій з різним ступенем екологічної напруженості.

Під дією техногенних викидів відбувається деградація ґрунтів. У їх поверхневих пластах вміст мікроелементів, у т.ч. і важких металів, збільшується в десятки і сотні разів відносно фонових концентрацій. Такі забруднені ґрунти самі стають джерелом забруднення довкілля. На них культурні рослини

настільки змінюють свій хімічний склад, що стають непридатними для споживання людини і як фураж для тварин.

Хімічне забруднення ґрунтів важкими металами – найнебезпечніший вид деградації ґрунтового покриву, оскільки самоочисна здатність ґрунтів від важких металів слабка. Ґрунт стає геохімічним бар'єром для більшості токсикантів на шляху їх міграції з атмосфери в ґрунті і поверхневі води. Поглинання хімічних елементів рослинністю означає їх залучення до малого чи великого біогеохімічного колообігу речовин. Інтенсивність залучення різних елементів у цей процес неоднакова.

Інтенсивність біологічного поглинання хімічного елемента, як частку від ділення його вмісту в золі на вміст у гірських породах А. Перельман назвав коефіцієнтом біологічного поглинання (Кб). Так, наприклад, розрахунки показують, що молібден рослинність акумулює в десятки разів інтенсивніше, ніж титан. Усі елементи за інтенсивністю біологічного поглинання можна розділити на дві групи.

До першої належать ті, концентрація яких у золі більша, ніж в земній корі. Особливо активно рослини поглинають бор, бром, йод, цинк і срібло ($K_b > 10$).

До другої групи належать елементи з низькою інтенсивністю поглинання, що мають $K_b < 1$. Деякі з них присутні в земній корі переважно у формах, важко доступних для рослин (галій, цирконій, титан, ітрій, лантан), інші токсичні, тому і надходять у них обмежено (фтор, уран).

Поглинання хімічних елементів рослинами – процес, значною мірою регульований організмом. Доведено, що 19 елементів є необхідними для життя рослин, а ще 12 вважають умовно необхідними. Групу макроелементів становлять О, Н, С, N, P, К, Са, Mg, Fe, Si, Al, Na та ін. (вміст у сухій речовині від 0,01 % і більше). Незамінними для нормальної життєдіяльності організмів у мікроконцентраціях (менше 0,001 %) є мікроелементи В, Cl, V, I, Mn, Co, Cu, Zn і Mo. Із умовно необхідних у рослинах присутні у різних кількостях Li, Fe, Al, Si, Ag, Ti, Cr, Ni, Se, Sr, Cd і Pb, корисність або незамінність яких ще не доведена. Натомість встановлена токсичність багатьох із цих елементів за надходження в рослини у підвищених кількостях.

За фітотоксичністю важкі метали за однакових концентрацій розташовуються у такій послідовності: $Cd > Ni > Zn > Mn > Cu > Pb$. За великих рівнів забруднення інактивація токсикантів у ґрунті стає неповною і потік іонів починає атакувати коріння. Частину іонів рослина здатна переводити в неактивний стан ще до проникнення їх у коріння: хелатувати (зв'язувати) за допомогою корневих виділень і адсорбувати на зовнішній поверхні коріння. Та все ж значна їх кількість потрапляє в корінь, де частково адсорбується на стінках. Якщо в клітині кореня проникає токсичних іонів усе ж більше допустимого рівня, то починає діяти ще один механізм захисту, який переводить їх надлишок у вакуолі. За переміщення по тканинах рослини, елементи можуть бути поглинуті клітинними стінками, а також нейтралізовані

присутніми в клітинному соку органічними сполуками. Для проникнення в клітину листка елементу необхідно здолати клітинну мембрану, тобто як і в коренях тут діє механізм вибіркового поглинання.

У дослідях з різноманітними культурними і дикорослими рослинами встановлено, що інтенсивність акумуляції важких металів в органах зменшується у такому напрямку: корінь > листок > насіння. Причому вміст важких металів у тканинах кореня та насіння може відрізнятись в десятки, а іноді – в сотні разів. Окрім проникнення токсикантів у рослину через коріння із забруднених ґрунтів значна їх частка проникає через листову поверхню, стебла й пагони із газопилових викидів і аерозолів безпосередньо через продихи, а також просочується із розчином через покривні тканини. Отже, за збільшення надходження хімічних елементів у природні середовища можлива зміна хімічного складу живих організмів.

Мігруючи по харчових ланцюгах, мікроелементи можуть накопичуватись в органах і тканинах рослинних і тваринних організмів у токсичних концентраціях. Цю обставину необхідно враховувати, оскільки кінцевою ланкою трофічного ланцюга є людина. Сільськогосподарська та промислова сировина з перевищенням рівня ГДК мікроелементів можуть виявитись небезпечними для здоров'я людини при використанні їх в їжу і як сировини для виготовлення медичних препаратів.

Надходження небезпечних хімічних елементів, зокрема і важких металів до організму людини відбувається різними шляхами та за участі інших живих організмів (рослин, тварин). Закономірності акумуляції важких металів необхідно враховувати в регіонах вирощування харчових і кормових культур, риборозведення, де можливе техногенне забруднення повітря, вод і ґрунтів. Присутність елементів-токсикантів у харчових продуктах в кількості, що в 2-3 рази перевищує фонові концентрації, небажана для агропромислового виробництва. Адже відомо, що із загального обсягу чужорідних хімічних речовин, що проникають в організм людини, 30-80 % і більше надходять саме з їжею, що своєю чергою може зумовити розвиток різних захворювань населення, у т.ч., у найчутливіших його верств - вагітних жінок і дітей.

За вимогами Об'єднаної комісії ФАО та ВООЗ такі важкі метали, як ртуть, кадмій, свинець, мідь, стронцій, цинк, залізо, а також арсен взяті під особливий контроль. Вони включені до переліку компонентів, вміст яких відстежують у міжнародній торгівлі харчовими продуктами.

2. Екологічні основи збереження родючості ґрунтів в агроландшафтах

Під деградацією ґрунтів варто розуміти погіршення властивостей родючості та якості ґрунту внаслідок впливу природних або антропогенних чинників. У більш широкому розумінні поняття деградація ґрунтів має в собі як погіршення основних якісних показників родючості без помітних ознак руйнування або зникнення генетичних ознак ґрунтів, так і фізичне руйнування

грунтових горизонтів аж до втрати ґрунтом не лише своїх функцій як середовища існування, а й повного фізичного зникнення як біокосного природно-історичного тіла.

Останніми роками у зв'язку з катастрофічним скороченням обсягів виробництва й застосуванням органічних і мінеральних добрив, а також значним обробітком ґрунту глобальних масштабів набула агрохімічна й агрофізична деградації земель, унаслідок чого суттєво прогресують такі негативні явища, як дегуміфікація, втрата структури ґрунтів та їх переущільнення, що зрештою призводить до виснаження ґрунтів на основні поживні речовини.

Найбільш поширеними деградаційними процесами ґрунтового покриву України є ерозія, декальцинація (підкислення), осолонцювання, дегуміфікація, агровиснаження, забруднення радіонуклідами, важкими металами, залишками пестицидів, агрофізична деградація та ін., що призводять до погіршення не тільки екологічного стану ґрунтів, зниження їх родючості, продуктивності сільськогосподарських культур та якості продукції, але й агросфери загалом.

Стосовно виявлення деградаційних процесів ґрунтового вкриття України проводяться наукові дослідження у багатьох Інститутах НААНУ. У своїх працях акад. В.В. Медведєв зі співробітниками (ННЦ «Інститут агрохімії і ґрунтознавства ім. О.Н. Соколовського») виділяють такі типи деградації ґрунтів:

1. *Фізичну* – ерозія, агрофізична деградація (переущільнення, втрата структури), зміна режиму вологості (аридизація – посухостійкість або гідроморфізм – підтоплення ґрунтів);

2. *Хімічну* – дегуміфікація та забруднення ґрунтів;

3. *Фізико-хімічну* – процеси погіршення властивостей ґрунтів унаслідок проходження різноманітних обмінних реакцій (декальцинація, підкислення, підлуження, осолонцювання);

4. *Біологічну* – комплекс процесів, які призводять до істотної зміни мікробіологічного пулу чи перевтоми ґрунту.

Масштаби основних деградаційних процесів ґрунтового покриву України наведено в табл. 2.1.

Оцінку ступеня деградації ґрунтів проводять трьома способами, а саме:

1. Порівнюючи деградований ґрунт з еталоном. *Еталон* – це значення певного показника або параметр, характерний для цілинних ґрунтів, сформованих у типових для цієї місцевості умовах.

2. Порівнюючи параметри досліджуваних ґрунтів з аналогічними фоновими параметрами. *Фон* – це середнє значення певного показника, характерне для недеградованих ґрунтів обраної території.

3. За абсолютними показниками якості ґрунту (попри природні властивості ґрунтів), використовуючи розроблені та стандартизовані нормативи якості ґрунтів.

Таблиця 2.1 – Поширення деградації ґрунтів в Україні (за В.В. Медведєвим, Т.Н. Лактіоною, Н.М. Бреус)

Тип деградації	Ступінь деградації, % від загальної площі			
	легкий	середній	сильний	усього
Втрата гумусу і поживних речовин	12	30	1	43
Переуцільнення	10	28	1	39
Замулення і кіркоутворення	12	25	1	38
Площинна водна ерозія	3	13	1	17
Водна ерозія, утворення ярів	0	1	2	3
Побічна дія водної ерозії (замулення водоймищ та ін.)	1	1	1	3
Підкислення	5	9	0	14
Заболочування	6	6	2	14
Забруднення радіонуклідами	5	6	0,1	11,1
Вітрова ерозія, втрати верхнього шару ґрунту	1	9	1	11
Забруднення пестицидами та іншими органічними речовинами	2	7	0,3	9,3
Забруднення важкими металами	0,5	7	0,5	8
Засолення, підлугування	1	3	0,1	4,1
Зниження рівня земної поверхні	0,05	0,15	0,15	0,35
Деформація земної поверхні вітром	0,04	0,23	0,08	0,35
Аридизація ґрунту	0,04	0,18	0	0,21

Для вибору найбільш ефективних заходів поліпшення чи підтримання властивостей ґрунтів у сприятливому інтервалі значень необхідно визначити ступінь їх деградації. З цією метою використовують діагностичні критерії ступеня деградації (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Діагностичні критерії ступеня деградації ґрунтів (за О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвіцьким, 2005)

Показники	Ступінь деградації ґрунтів, недобір врожаю, %			
	слабкий, до 10	середній, 10–50	сильний, 50–90	повний, 90–100
Водна ерозія і дефляція				
Відсутні генетичні горизонти	змито або дефльовано 1/2 Н чи НЕ	змито або дефльовано понад 1/2 або	Н, НР чи НЕ, Е і частково Ph	змито або дефльовано Н, НР, Ph

	весь Н чи НЕ	чи І	чи НЕ, Е, І	
Дегуміфікація				
Зменшення вмісту гумусу, % від вихідного	до 20	20–40	40–60	> 60
Вторинне підкислення				
pH _{KCl}	5,5–5,0	5,0–4,5	4,5–4,0	< 4,0
N _г , мг-екв на 100 г ґрунту	3–4	4–5	5–6	>6,0
Сума увібраних катіонів, мг-екв на 100 г ґрунту	20–15	15–10	10–5	< 5
Агрофізична деградація				
Структурно-агрегатний склад, %, повітряно-сухі агрегати розміром 0,25-10 мм, водостійкі агрегати розміром понад 0,25 мм	75–60	60–50	50–30	< 30
	45–35	35–25	25–15	< 15
Рівноважна щільність, г/см ³ піщані та супіщані суглинкові та глинисті	1,4	1,4–1,6	1,6–1,8	>1,8
	1,3	1,3–1,5	1,5–1,7	>1,7
Водопроникність за першу годину, мм	100–50	50–30	30–10	< 10
Забруднення важкими металами, валовий вміст металів, мг на кг ґрунту				
Кадмій	1–2	2–5	5–10	> 10
Нікель	100–150	150–300	300–600	> 600
Цинк	150–200	200–500	500–1000	> 1000
Мідь	100–150	150–250	250–500	> 500
Свинець	100–150	150–500	500–1000	> 1000
Ртуть	1–2	2–5	5–10	> 10

Основні напрями боротьби із деградаційними процесами:

Профілактичний – заходи щодо запобігання розвитку деградаційних процесів на недеградованих і слабodeградованих ґрунтах (протиерозійне облаштування території, конструювання екологічно-сталих агроландшафтів, нормування навантаження на ґрунти).

Оперативний – заходи щодо запобігання розвитку деградації ґрунтів, що здійснюються постійно в процесі їх використання (дотримання розроблених норм і правил щодо технологій обробітку ґрунту, якості та кількості зрошуваних вод, якості та технологій внесення добрив, меліорантів та інших агрохімікатів, упровадження протиерозійних заходів, ґрунтозахисних сівозмін тощо).

Регенеративний – заходи відтворення деградованих і порушених земель (виведення малопродуктивних земель із ріллі, консервація та рекультивація земель, детоксикація забруднених ґрунтів, розсолення вторинно-засолених ґрунтів).

3. Екологічна оцінка забруднення території агроландшафтів

Пестициди в переважній більшості використовуються для захисту рослин від хвороб, шкідників, бур'янів тощо і часто є високотоксичними для людини.

За хімічним складом пестициди поділяються на три основні групи: неорганічні сполуки (миш'як, фтор, барій, сірка, мідь, хлорати й борати); пестициди рослинного, бактеріального та грибного походження (піретрини, анабазини, нікотин, бактеріальні препарати й антибіотики); органічні сполуки (хлорорганічні, фосфорорганічні, похідні карбамінової, тіо- і дитіокарбамінової кислот, ртутьорганічні сполуки й комбіновані ртутьвмісні препарати, хлор- і нітропохідні фенолу). Останні є найбільш великою групою пестицидів високої біологічної активності.

За призначенням пестициди поділяються на засоби боротьби зі шкідниками рослин (інсектициди, зооциди, акарициди); із грибними й бактеріальними хворобами рослин (фунгіциди); з бур'янами й небажаними рослинами (гербіциди, дефоліанти). Вони можуть використовуватись у вигляді порошків, гранул, розчинів, емульсій, аерозолів і фумігантів, отруйних приманок, антисептичних та інсектицидних мил, фарб, лаків, паперу.

Визначення екологічної придатності ґрунтів за вмістом залишкових кількостей пестицидів необхідно розпочинати з оцінки рівня пестицидного навантаження. Якщо за останні 5 років на території воно не перевищувало 3 кг/га, а в ґрунті та рослинній продукції вміст залишкових кількостей пестицидів менший за ГДК, вона вважається придатною для вирощування екологічно безпечних урожаїв. Норма 3 кг пестицидів на гектар є умовним критерієм. Із переходом до застосування сильнодіючих препаратів нового покоління він змінюється у бік зменшення. Тому основним показником визначення рівня забруднення ґрунтів пестицидами є максимально допустимий рівень, з яким порівнюють фактичний вміст у ґрунті (або рослинах) залишкових кількостей пестицидів.

Перевищення фактичного вмісту пестициду відносно нормативного є показником несприятливого стану ґрунтів та їхньої непридатності для виробництва безпечних урожаїв. Рівень забруднення ґрунтів визначають

шляхом порівняння фактичного вмісту пестицидів у ґрунті з гранично допустимими концентраціями.

Нормативи оцінок екологічного стану земель щодо забруднення пестицидами наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Нормативи оцінок забруднення ґрунтів і рослин пестицидами

Типи екологічної ситуації	Нормативи оцінок		
	Пестицидне навантаження, кг/га д.р.	Залишкові кількості пестицидів	
		у ґрунті	у рослинах
Сприятлива	<3	не виявляються	не виявляються
Задовільна	3-4	<ГДК	<ГДК
Передкризова	4-5	<ГДК	<ГДК
Кризова	5-6	1,1-1,5 ГДК	1,1-1,5 ГДК
Катастрофічна	>6	1,6-10 ГДК	1,6-10 ГДК

У наш час існують певні правила та методи відбору проб ґрунтів для визначення мікрокількостей пестицидів, згідно з якими спостереження і контроль за забрудненням ґрунтів пестицидами охоплює декілька важливих моментів.

Так, при підготовці до польових спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів пестицидами вивчають наявний матеріал про фізико-географічні умови об'єкта досліджень, детально знайомляться з інформацією щодо тривалості застосування пестицидів у господарствах, виявляють господарства, де найінтенсивніше застосовували пестициди протягом останніх 5-7 років, аналізують матеріал про урожайність сільськогосподарських культур тощо.

Дослідження проводяться на постійних і тимчасових пунктах спостережень.

Постійні пункти (діють протягом 5 років і понад) організовують на обстежуваних територіях адміністративних районів. Їх кількість залежить від розмірів території. З метою оцінки фонового забруднення ґрунтів пестицидами обирають ділянки, віддалені від сільськогосподарського та промислового виробництва, що знаходяться в «буферній» зоні заповідників.

На *тимчасових* пунктах спостереження і контроль за забрудненням ґрунтів пестицидами здійснюють протягом одного вегетаційного періоду або року.

Як правило, на кожній території району досліджують 8-10 полів основної сівозміни. В кожній області потрібно обстежити декілька господарств, рівномірно розподілених по території (але не менше 2-х).

Для оцінки забрудненням ґрунтів пестицидами проби відбирають двічі на рік: навесні (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 посівом, 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 (виїмок) 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, мають 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, новоутворення, включення, розвиток кореневої системи). Відбирають з кожного генетичного горизонту по одному зразку товщиною 10 см.

Для різних категорій місцевості та ґрунтових умов площі поля, забруднення якого характеризує одна вихідна проба ґрунту, неоднакові (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Категорія місцевості та ґрунтових умов при виборі площі поля для спостереження за рівнем забруднення ґрунтів пестицидами

Категорія місцевості та ґрунтових умов	Площа поля, що характеризується 1 пробною, га
Лісова зона, райони із хвилястим рельєфом, різними ґрунтоутворювальними породами і комплексним ґрунтовим покривом	1-3
Лісостепові та степові райони зі змінним рельєфом	3-6
Степові райони з рівнинним або слабозмінним рельєфом та одноманітним ґрунтовим покривом	10-20

Гірські райони із значною мікрокомплексністю ґрунтового покриву та незначними розмірами сільськогосподарських полів	0,5-3
Зрошувальна зона	2-3

Відібрані будь-яким способом проби зсипають на папір, перемішують і квартують (поєдують) ділять на чотири частини) 3-4 рази, ґрунт після квартування розділяють на 6-9 частин, із центрів яких беруть приблизно однакову його кількість у крафт-папір. Маса зразка має 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 аналізу зробити неможливо, то проби висушують до повітряно-сухого стану. Середня проба сухого зразка – 200 г. Відібрана проба проходить підготовку до аналізу: розтирається у фарфоровій ступці та просіюється через сито з отворами 0,5 мм, після чого відбираються зразки для аналізу по 10-50 г.

Кількість проб визначається за формулою:

$$N = (S_1 / S_2) \times n \quad (2.1)$$

де S_1 – загальна площа орних земель у межах території спостережень, га;
 S_2 – площа поля, що характеризується 1 пробкою, га; n – кількість відбору проб на рік ($n = 2$ – для оцінки загального пестицидного навантаження на ґрунти; $n = 6$ – для визначення багаторічної динаміки зміни вмісту пестицидів).

Мережа тимчасових та постійних пунктів спостереження за забрудненням ґрунтів пестицидами забезпечує інформацією для визначення залишкової кількості пестицидів, дослідження їх вертикальної та горизонтальної міграції, оцінювання ймовірності забруднення пестицидами ґрунтових вод і сільськогосподарських культур.

На основі осмислення отриманої інформації напрацьовують рекомендації щодо застосування певних пестицидів у різних умовах.

3. Екологічні основи сівозмін

Сівозміною називають науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур, а в разі необхідності й пару, в часі та на території господарства. Економічною основою сівозміни є науково обґрунтована структура посівних площ, яка забезпечує максимальний вихід продукції з кожного гектара ріллі при найменшій собівартості.

Під *структурою посівних площ* розуміють співвідношення між площами посіву різних сільськогосподарських культур і парів у сівозміні, виражене у відсотках до її загальної площі. Агротехнічною основою сівозміни є періодичне або щорічне чергування культур на кожному полі, що в поєднанні з відповідною системою обробітку ґрунту і удобрення забезпечує збільшення врожаю сільськогосподарських культур та підвищення родючості ґрунту, а також захист його від ерозії.

Перелік груп культур і парів у порядку їх чергування в сівозміні називається *схемою сівозміни*. В ній встановлюють послідовність культур і парів. Чергування культур у часі означає правильну зміну одних рослин іншими на даному полі, а чергування культур на території полягає у тому, що кожна культура чи пар проходять через усі поля сівозміни.

Період, протягом якого культури і пар проходять через кожне поле в послідовності, встановленій схемою сівозміни, називається *ротацією сівозміни*. Тривалість ротації (ротаційного періоду), яка визначається кількістю років, дорівнює кількості полів сівозміни (наприклад, у семипільній сівозміні – сім років).

План розміщення культур і парів у полях та за роками на ротаційний період називається ротаційною таблицею. Кожне поле сівозміни має постійний номер, який на картах і картограмах позначається римськими цифрами. У кожному полі сівозміни переважно висівають одну культуру, що дає можливість ефективно використати складну сільськогосподарську техніку і прогресивні агротехнічні заходи. Однак у сівозмінах з коротким ротаційним періодом іноді на одному полі вирощують дві або більше культур, подібних за своїми вимогами до зовнішніх умов та агротехніки і які є рівноцінними попередниками наступних культур.

Поле, на якому висівають дві культури і більше, називають збірним. Культуру, яку вирощували в полі у попередньому році, називають *попередником культури*, яку вирощують у цьому ж полі в поточному році. Попередником може також бути чистий пар, цілина тощо. Якщо будь-яку культуру вирощують на одному полі 2-3 роки підряд, то її називають повторною. Якщо культуру вирощують на полі протягом тривалого часу (наприклад, який перевищує ротаційний період сівозміни), то її називають беззмінною.

Нерідко у зв'язку із спеціалізацією в господарстві вирощують тільки одну культуру, то її називають *монокультурою*. Кожна сівозміна складається з окремих ланок. Ланкою сівозміни називається частина сівозміни, яка складається з двох-трьох культур або чистого пару і однієї-трьох культур. Наприклад, багаторічні трави – озима пшениця – цукрові буряки. Кожну ланку починають кращим попередником: паром, багаторічними травами, однорічними травами та ін.

Різні культури по-різному реагують на беззмінне і навіть повторне вирощування в одному полі. Одні з них добре витримують повторні посіви і не знижують урожайності, а інші – сильно знижують. За цією ознакою їх можна поділити на три групи: дуже чутливі – льон, соняшник, цукрові буряки, зернобобові, ярі зернові – у повторних посівах дуже знижують урожайність; середньочутливі – озимі зернові, кукурудза – при відповідній агротехніці не знижують або мало знижують урожайність при вирощуванні два-три роки підряд на одному полі; малочутливі – коноплі, картопля, рис, тютюн, бавовник – на беззмінні посіви реагують незначним зниженням урожайності.

Вченими Німеччини було запропоновано всі польові культури залежно від реакції на чергування їх у сівозміні поділяти на такі групи:

- ✓ сталі, або самосумісні – жито, кукурудза, люпин жовтий, соя, тютюн, рис, просо, картопля – остання на полях, де немає нематод;
- ✓ лабільні, тобто такі, які негативно реагують на повторні посіви – пшениця, овес, цукрові буряки, конюшина, люцерна, горох, льон, соняшник, капуста;
- ✓ сівозміноталі, тобто, які не можна висівати одну після іншої, наприклад, пшеницю після ячменю, овес після ячменю і навпаки.

Д.М. Прянишников виділив чотири групи причин (хімічні, фізичні, біологічні й економічні) підвищення врожайності сільськогосподарських культур за правильного їх чергування в сівозміні. Хімічні причини полягають у тому, що різні групи сільськогосподарських культур засвоюють з ґрунту елементи зольного й азотного живлення в різних пропорціях і кількостях. Зернові потребують більше азоту та фосфору, картопля, цукрові буряки, соняшник – калію. Бобові культури засвоюють з ґрунту багато фосфору і калію та збагачують його на азот.

Рослини по-різному засвоюють елементи живлення з легкорозчинних і важкорозчинних сполук. Так, льон, пшениця й цукрові буряки засвоюють легкорозчинні у воді поживні елементи, а картопля, гречка, еспарцет, люпин, гірчиця можуть їх використовувати з важкорозчинних сполук. Вони після відмирання залишають для наступних культур більш розчинні й доступні форми фосфору.

Дуже важлива причина чергування культур – неоднакове проникнення кореневих систем у ґрунт. Корені льону й картоплі проникають у ґрунт на глибину 0,8-1 м, озимої пшениці та озимого жита на 1,5-1,6, кукурудзи на 2-2,5, цукрових буряків і соняшнику на 3-3,5, люцерни на 4-5 м. Завдяки цьому рослини з міцною глибокопроникною кореневою системою використовують воду й елементи мінерального живлення з надглибоких шарів ґрунту, що не завжди доступні для рослин із слабкорозвиненими та поверхнево розміщеними коренями. Отже, чергування культур у сівозміні дає можливість не тільки уникнути одностороннього виснаження ґрунту, а й ефективніше використовувати запаси елементів живлення.

Після збирання врожаю різних культур у ґрунті залишається неоднакова кількість рослинних решток (післяжнивних і корневих). Так, після багаторічних трав (сумішки конюшини із злаковими) за добрих урожаїв після дворічного використання в ґрунті залишається до 100-110 кг/га корневих і післяжнивних решток, а після зернових культур – близько 40 ц/га. Отже, вирощування багаторічних трав, особливо бобових, сприяє збагаченню ґрунту гумусом і поживними речовинами. Льон, коноплі, цукрові буряки, картопля збільшують у ґрунті вміст органічних речовин і поживних елементів шляхом внесення під них органічних добрив.

Фізичні причини. Відмінності в біологічних особливостях вирощування культур вимагають спеціальної агротехніки. Культури звичайної рядкової сівби (зернові, льон, коноплі) і широкорядної суттєво відрізняються за кількістю заходів післяпосівних обробітків ґрунту, а отже, механічний вплив знарядь на ґрунт буде також різним. Наприклад, після сівби цукрових буряків до їх збирання проводять коткування, боронування і декілька культивацій міжрядь, тоді як після сівби ярих зернових коткування і боронування застосовують не завжди, а культивації взагалі не проводять. Тому такі фізичні властивості ґрунту, як структура, будова орного шару і щільність, під впливом багаторазових обробітків під культури широкорядної сівби швидше.

За період свого розвитку різні культури витрачають різну кількість вологи, відповідно їй по-різному висушують ґрунт. Витрата води рослинами залежить від тривалості вегетаційного періоду, величини транспіраційного коефіцієнта, кількості рослин на одиниці площі, кліматичних і ґрунтових умов, агротехніки культури тощо. Тому цукрові буряки значно сильніше висушують ґрунт, ніж пшениця, ячмінь, жито. Дуже висушують його багаторічні трави в зонах з недостатньою кількістю опадів. Тому використання їх на два укоси недоцільне, оскільки вони стають поганим попередником озимих. Велике значення для нагромадження вологи й одержання високих і сталих урожаїв озимої та ярої пшениці мають чисті пари.

З фізичними властивостями ґрунту тісно пов'язані й залежать від них водно-повітряні, тепловий і поживний режими ґрунту. Структурні ґрунти мають оптимальну будову й відповідно більш родючі. Вони краще засвоюють і менше витрачають вологи, на них зменшується поверхневий стік, вони стійкі проти водної і вітрової ерозії. Біологічні причини чергування культур.

Необхідність чергування культур зумовлюється шкідливою дією бур'янів, шкідників і хвороб на рослини, що призводить до зниження врожайності. У беззмінних посівах дуже швидко поширюються бур'яни, оскільки вони пристосовуються до конкретних культурних рослин. У процесі еволюції багато бур'янів набули подібних з культурними рослинами ботанічних і біологічних особливостей – тривалості вегетаційного періоду, форми та розміру насіння, здатності до вегетативного розмноження, наявності озимих і ярих форм тощо. Тому різні сільськогосподарські культури забур'янюються певними бур'янами.

Не всі культури однаково реагують на забур'яненість. Такі культури, як кукурудза, соняшник, коноплі, швидко затінюючи ґрунт, пригнічують бур'яни сильніше, ніж овес, ячмінь, просо, льон. У посівах просапних культур бур'яни знищуються міжрядними обробітками. Отже, ефективно боротися з ними можна лише тоді, коли правильно чергуються озимі культури з ярими; зернові з просапними і зернобобовими; вузьколисті з широколистими.

Найповніше знищуються бур'яни в парах. У повторних і беззмінних посівах сільськогосподарських культур створюються сприятливі умови для розмноження шкідників. Наприклад, на цукрових буряках дуже розмножуються буряковий довгоносик, листкова попелиця, нематоди; на просі – просяний комарик; на бобових – бульбочковий довгоносик; на льоні, коноплях, капустяних – блішки.

Повторні посіви озимої пшениці сприяють поширенню хлібної жужелиці, гесенської і шведської мух, клопів-черепашок, хлібного жука. Шкода, якої завдають шкідники, значно зменшується завдяки правильному чергуванню культур у сівозміні.

Ураження рослин хворобами часто є головною причиною, яка потребує чергування культур у сівозміні. Серед інфекційних хвороб зернових культур перше місце за поширенням і шкідливістю займають кореневі гнилі. Вони розвиваються на підземних і надземних органах рослин, що призводить до зменшення кількості коренів, які нормально функціонують, порушуються зв'язки між підземними і надземними частинами рослин, різко знижується водопостачання та живлення колосу, зменшується або повністю втрачається продуктивність рослин, погіршується якість урожаю. Значної шкоди льону і коноплям завдає фузаріоз; картоплі – фітофтора, чорна ніжка, парша і фомоз; соняшнику – несправжня борошниста роса; бавовнику – вілт. Багаторічні трави дворічного використання в сівозміні підтримують баланс гумусу в орному шарі й до мінімуму знижують захворювання кореневими гнилями наступних зернових культур.

Беззмінне вирощування деяких культур (льону, гороху тощо) може спричинити нагромадження токсичних речовин, які виділяють рослини, мікроорганізми, гриби, бактерії, і викликати ґрунтовтому. За умови правильного чергування культур цього вдається уникнути.

Економічні причини. Д.М. Прянишников зазначав, що економічна необхідність чергування культур пов'язана з різною кількістю і розподілом у часі праці, яка необхідна для вирощування культур у господарстві.

Для повнішого й продуктивнішого використання техніки і робочої сили в сівозміні доцільно вирощувати культурні рослини різних строків сівби і збирання врожаю (озимі, ранні, пізні ярі тощо). Це забезпечує високоякісне проведення всіх польових робіт у кращі строки. У кожній сівозміні необхідно вибрати й обґрунтувати таке чергування культур, яке б одночасно з підвищенням родючості ґрунту забезпечувало одержання максимальних і

сталих урожаїв усіх культур з мінімальними затратами. Економічно вигідно спеціалізувати сівозміни – максимально насичувати їх основними культурами. В таких сівозмінах зернові можуть займати до 60-80 % площі, бавовник 75-80 %, коноплі 70 %, цукрові буряки 20%, картопля 30-40 %. Спеціалізація сівозмін у господарствах збільшує виробництво продукції рослинництва, підвищує ефективність капіталовкладень, знижує матеріальні й трудові затрати.

4.Екологічна оцінка забруднення території агроландшафтів

Екологічна оцінка території агроландшафта допомагає виявити аспекти діяльності, які можуть призвести до значного шкідливого впливу на навколишнє середовище і пов'язаним ризикам.

Основні стадії проведення екологічної оцінки території агроландшафта:

Стадія I – Попереднє дослідження території.

Стадія II – Дослідження території.

Стадія III – Детальне дослідження території.

Стадія I – Попереднє дослідження території: включає в себе вивчення наданої документації, відвідування й огляд ділянки. На даній стадії вивчаються історичні дані та інші джерела інформації щодо використання території, дані про властивості ґрунту, геології, педології, гідрології ділянки і стану навколишнього середовища. На стадії попереднього дослідження можливо зробити первинні висновки про забруднення досліджуваної території у вигляді складання концептуальної моделі забруднення із зазначенням виду, місць і зони забруднення на ділянці.

У результаті попереднього дослідження також визначаються потенційні ризики для населення і навколишнього середовища і, в разі необхідності, приймається рішення про проведення додаткових досліджень (стадія II), а також складаються рекомендації для подальших дій і заходів.

Стадія II – Дослідження території : охоплює проведення досліджень на території, відбір проб, донних відкладень, поверхневих і ґрунтових вод, хімічний аналіз відібраних проб. Отримані дані та інформація потім вивчаються для перевірки правильності висновків попереднього обстеження. При необхідності, фахівцями проводиться дослідження інших екологічних чинників концептуальної моделі забруднення території. У цілому, дана стадія є якісним, а не кількісним дослідженням. У результаті дослідження території визначається необхідність продовження детального дослідження (стадія III). Аналіз проб виконується лабораторією.

Стадія III – Детальне дослідження території : визначає кількісно рівень і поширення забруднення на території. Дана стадія дає можливість надати Замовнику повну оцінку ризиків забруднення ділянки для населення і навколишнього середовища, а також дозволяє детально розробити і визначити вартість відновлювальних заходів.

? Питання для самоконтролю

1. В чому полягає антропогенне забруднення ґрунту?
2. Що таке деградація ґрунтів?
3. За допомогою яких заходів можна попередити деградацію ґрунтів агроландшафтів?
4. Як здійснюється екологічна оцінка забруднення території агроландшафтів?
5. Що таке сівозміна, структура посівних площ, ротація?
6. Які причини причин (хімічні, фізичні, біологічні й економічні) підвищення врожайності сільськогосподарських культур за правильного їх чергування в сівозміні?

✍ Практичні завдання

Завдання 1. Ознайомитись із основними показниками деградації ґрунтів і напрямками боротьби з ними. На основі отриманих даних, користуючись додатковою літературою і застосовуючи знання, набуті в процесі вивчення теми, заповнити таблицю: 2.5 – Заходи боротьби з деградацією ґрунтів.

Таблиця 2.5 – Заходи боротьби з деградацією ґрунтів

Показник деградації ґрунтів	Заходи боротьби		
	профілактичні	оперативні	регенеративні
Водна ерозія			
Дегуміфікація			
Вторинне підкислення			
Агрофізична деградація			
Забруднення важкими металами			

Завдання 2. Визначити рівень деградації ґрунтів (у балах) у різних областях України за класифікаційною матрицею ступеня розвитку деградаційних процесів (табл. 2.6) на основі даних, представлених на картах «Еродованість сільськогосподарських угідь», «Забруднення ґрунту мінеральними добривами», «Забруднення ґрунтів пестицидами», «Радіоактивне забруднення території» (Атлас природних умов та ресурсів України).

Таблиця 2.6 – Діагностичні критерії оцінки деградації ґрунтів (у балах)

Показники деградації	Ступінь деградації		
	слабкий (1-2 бали)	середній (3 бали)	сильний (4-5 балів)
Частка еродованих сільськогосподарських угідь, %	До 20	20 – 40	Понад 40
Середнє багаторічне забруднення ґрунтів	До 0,9	0,9 – 1,0	Понад 1,0

мінеральними добривами, кг/га			
Середня багаторічна залишкова теоретична кількість пестицидів у ґрунті, кг/га	До 1,3	1,3 – 1,6	Понад 1,6
Щільність забруднення території цезієм-137 (Кі/км ²)	До 1,0	1,0 – 5,0	Понад 5,0

2. Внести отримані дані в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Оцінка рівня деградації ґрунтів в областях

Області України	Ступінь еродованості угідь	Ступінь забруднення мінеральними добривами	Ступінь забруднення ґрунтів пестицидами	Сумарна оцінка деградації ґрунтів
Запорізька				
Миколаївська				
Херсонська				
Дніпропетровська				
Сумська				

3. Обчислити сумарну оцінку деградації ґрунтів як суму балів за всіма показниками: за еродованістю, забрудненням мінеральними добривами, пестицидами та радіоактивними речовинами.


4. Дати загальну оцінку розвитку деградаційних процесів в окремих областях України. Вказати, які із чинників деградації найбільш негативно впливають на екологічний стан ґрунтового покриву України.

ТЕМА 3. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ АГРОЛАНДШАФТІВ

Мета: схарактеризувати ґрунтово-екологічні проблеми агроландшафтів, визначити фактори стійкості порогового навантаження, саморегуляції та регулювання агроландшафтів.

План

1. Ґрунтово-екологічні проблеми агроландшафтів.
2. Фактори стійкості агроландшафтів, саморегуляції і регулювання агроландшафтів.

 **Основні поняття:** забруднення, природні компоненти агроландшафтів; екологічна стійкість агроландшафтів, шкала оцінки антропогенного навантаження.

1. Ґрунтово-екологічні проблеми агроландшафтів

Площа агроландшафтів у всьому світі становить приблизно п'ять мільярдів гектарів, або 38 % глобальної суші. Приблизно одна третина цього використовується як посівна площа, тоді як решта дві третини складаються з луків та пасовищ для випасу худоби.

На посівах близько 10 % площі використовується для плодкових дерев, плантації олійної пальми та плантації какао. Ще 21 % обладнано для зрошення, що є важливою практикою землеустрою в сільському господарстві. Наразі глобальне населення продовжує зростати, оскільки кількість людей у світі більш ніж подвоїлася між 1961 і 2022 роками, попит на їжу зростає. І навантаження на землю, яка є обмеженим ресурсом, також зросла.

Світові площі посівів на душу населення постійно зменшувались за період між 1961 і 2022 роками: приблизно з 0,45 га на душу населення в 1961 р. до 0,21 га на душу населення в 2022 р. Вищезазначені дії мають також негативні наслідки для екології та збалансованого використання наявних ресурсів. Регіональний розподіл сільськогосподарського землекористування є поєднанням місцевих агрокліматичних ґрунтових умов та соціально-економічних факторів.

У середньому за десятиріччя між 2010 і 2020 роками найбільша частка сільськогосподарських земель припадала на Азію, що становило 34 %, за якими йшли Америки (25 %) та Африка (24 %), причому Європа та Океанія становлять близько 9-10 % від загальної кількості.

Що стосується зрошувальних можливостей, то регіон з найбільшою площею земель, обладнаних для зрошення за останнє десятиліття, знаходився в далекій Азії – 70 % від загальної кількості у світі, а потім Америка (16 %), Європі (8%), Африка (5%) та Океанія (1%). Що стосується відносної частки

земель, обладнаних для зрошення над посівними площами, Азія також мала найбільші значення (40 %), за нею йшли Америки (13 %), Європа (9 %), Океанія (7 %) та Африка (6 %).

З точки зору доступності на душу населення, площа посівів на душу населення в період між 2007-2019 рр. була найменшою в Азії (0,13 га на душу населення), за нею йдуть Африка (0,22 га на душу населення), Америка та Європа (0,40 га на душу населення) та Океанія (1,21 га на душу населення).

У середньому за останнє десятиліття Китай був країною з найбільшим обсягом сільськогосподарських угідь (близько 500 мільйонів гектарів), за ним слідували США, Австралія (близько 400 мільйонів гектарів кожна) та Бразилія (278 мільярдів гектарів). Найбільша площа посівних площ була в Індії (майже 170 млн. га), за нею йдуть США (158 млн. га), Китай та Російська Федерація (близько 120 млн га). Водночас наразі навіть деякі країни з достатніми площами сільськогосподарських угідь мають проблеми із продовольчим забезпеченням та надмірним забрудненням наявних сільськогосподарських угідь у наслідок надмірного антропогенного та промислового їх забруднення.

Аграрне виробництво безпосередньо пов'язане з використанням природних ресурсів, а саме земельних, водних та лісових. Нині для підвищення врожайності сільськогосподарські товаровиробники застосовують методи, які негативно впливають не тільки на здоров'я людини та тварин, але й на навколишнє середовище в цілому. Наслідки цього втручання в екосистеми не тільки погіршують якість сільськогосподарської продукції, але й впливають на стан підземних вод. Особливо небезпечним є застосування нітратів, пестицидів та токсичних хімічних речовин, оскільки велика їх кількість залишається у продуктах.

З року в рік антропогенне навантаження збільшується, що спричинює зміни природних компонентів агроландшафту. Зміни природних компонентів можна простежити за такими основними напрямками:

- ✓ ґрунт – перетворення структури та хімічного складу ґрунтів в результаті обробітку ґрунту та вирощування сільськогосподарських культур, надмірне внесення мінеральних добрив та засобів захисту рослин;
- ✓ рослинність – зміна видового складу під час розорювання степів і луків, перетворення природних рослинних угруповань на культурні рослини;
- ✓ тваринний світ – збідніння його специфічного складу через надмірну промислову експлуатацію та зміну екологічних умов;
- ✓ водний режим – за допомогою регулювання стоку, створення ставків та водосховищ, водойм, перерозподілу річкового стоку;
- ✓ клімат – за допомогою активної господарської діяльності та антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

У сучасних умовах господарського управління аграрними підприємствами відбувається об'єктивний процес перетворення їх виробничої структури. Характерною особливістю є адаптація аграрних формувань до ситуації на

агропродовольчому ринку. У рослинництві це проявляється у вирощуванні енергоємних культур, значна частина їх продукції призначена для експорту та перероблення на корми. У тваринництві спостерігається падіння загальної чисельності тварин та істотне зниження їх продуктивності. Більшість товаровиробників використовують лише окремі елементи інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур та утримання тварин, що спричиняє зменшення трудомістких галузей, уповільнення розвитку сільських територій та посилення антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

Вищезазначені зміни мають негативний вплив на сільськогосподарські угіддя. Антропогенне навантаження на земельні ресурси оцінюють аналізуючи такі властивості й ознаки ґрунтів:

- ✓ еродованість (змитість та дефльованість);
- ✓ скелетність;
- ✓ легкий гранулометричний склад;
- ✓ важкий гранулометричний склад;
- ✓ гумусованість;
- ✓ реакція ґрунтового розчину;
- ✓ вміст рухомого алюмінію;
- ✓ вміст увібраного натрію;
- ✓ засолення;
- ✓ фізична деградація;
- ✓ хімічне забруднення.

2. Фактори стійкості агроландшафтів, саморегуляції і регулювання агроландшафтів

За показники оцінки екологічного стану агроландшафтів у наукових дослідженнях застосовуються: коефіцієнт екологічної стабільності, коефіцієнт антропогенного навантаження, коефіцієнт лісистості, коефіцієнт розораності, співвідношення ріллі і екологостабілізуючих угідь, індекс біорізноманіття, індекс невідповідності використання ріллі та інші. Показниками виробничої стійкості агроландшафтів слугують: урожайність сільськогосподарських культур, структура посівних площ сільськогосподарських культур, валову продукцію сільського господарства, критерії стійкості ґрунтів до зовнішніх впливів та ін.

Зазвичай, екологічну стійкість визначають за коефіцієнтами екологічної стабільності без урахування (кількісна оцінка) екологічної значущості та якісного стану окремих компонентів агроландшафта або з урахуванням (якісна оцінка). У першому випадку визначають певні співвідношення окремих компонентів агроландшафта, які здійснюють позитивний стабілізуючий (ліси, захисні лісові насадження, природні луки, заповідники, заказники, природні водойми та болота, чагарники, пасовища, сіножаті, рілля у стадії консервації

багаторічними травами) та негативний дестабілізуючий (території під забудовою, місця видобування корисних копалин, дороги, забруднені замулені водоймища, яри, рілля) впливи на навколишнє середовище.

Кількісну оцінку екологічного стану агроландшафтів за співвідношенням ріллі і загальної площі екологостабілізуючих угідь у агроландшафтах (ліси, луки, пасовища, болота, водні об'єкти) передбачає методика, за якою ступінь порушення екологічної рівноваги у співвідношенні Р: ЕСУ визначається за допомогою відповідної шкали (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Шкала оцінки екологічної стійкості агроландшафтів

Назва показника	Значення показника	Ступінь
Співвідношення ріллі та екологостабілізуючих угідь, %	$P < 20, ЕСУ > 80$	Оптимальний
	$P = 20...36, ЕСУ = 64...80$	Задовільний
	$P = 37...55, ЕСУ = 45...63$	Критичний
	$P = 56...70, ЕСУ = 30...44$	Кризовий
	$P > 70, ЕСУ < 30$	Катастрофічний
Коефіцієнт екологічної стабільності I ($K_{ес}^I$)	$\leq 0,5$	Значно виражена нестабільність
	$0,51...1,0$	Нестабільний
	$1,01...3,0$	Умовно стабільний
	$3,01...4,5$	Стабільний
	$\geq 4,51$	Значно виражена стабільність
Коефіцієнт екологічної стабільності II ($K_{ес}^{II}$)	$\leq 0,33$	Нестабільний
	$0,34...0,50$	Нестійкий, слабостабільний
	$0,51...0,66$	Середньостабільний
	$\geq 0,67$	Стабільний
Коефіцієнт антропогенного навантаження $K_{ан}$	$4,1...5,0$	Високий
	$3,1...4,0$	Підвищений
	$2,1...3,0$	Середній
	$1,0...2,0$	Низький

Кількісний коефіцієнт екологічної стабільності I обчислюють за формулою:

$$K_{ес}^I = \frac{S_{стаб}}{S_{дестаб}}, \quad (3.1)$$

де $S_{стаб}$ – загальна площа стабілізуючих компонентів агроландшафта;

$S_{\text{дестаб}}$ – загальна площа дестабілізуючих компонентів агроландшафту.

Екологічна рівновага спостерігається, якщо співвідношення між природними і перетвореними інтенсивно використовуваними екосистемами становить: 60 % і 40 %. Також вважають, що оптимальним відношенням дестабілізуючих категорій землекористування до стабілізуючих має бути менше 1.

Якісна оцінка екологічної стійкості агроландшафтів крім співвідношення площ також враховує якість ґрунту, стан рослинності, потенційну продуктивність, що виражаються коефіцієнтами екологічної значущості, а також стійкість материнських порід, що виражається коефіцієнтом геоморфологічної стійкості.

Коефіцієнт екологічної стабільності території Π обчислюють за формулою:

$$K_{\text{ec}}^{\Pi} = \frac{\sum(S_i \times K_i \times K_{\text{гс}})}{\sum S_i}, \quad (3.2)$$

де S_i – площа i -го виду угідь, га; K_i – коефіцієнт екологічних властивостей (екологічної значущості) угідь i -го виду; $K_{\text{гс}}$ – коефіцієнт геоморфологічної стійкості угідь.

Екологічна значущість угідь відображає їх здатність нейтралізувати негативний вплив людської діяльності на навколишнє середовище. Різні угіддя мають різні значення коефіцієнта екологічної значущості, а саме: землі під будівлями, дворами, шляхами та прогонами, дорогами – 0, рілля – 0,14, виноградники – 0,29, лісосмуги – 0,38, багаторічні насадження і чагарники – 0,43, городи – 0,50, сіножаті – 0,62, пасовища – 0,68, болота, ставки, водотоки та інші водоймища – 0,79, ліси – 1,0.

Коефіцієнт геоморфологічної стійкості рельєфу для стійких порід має значення 1, для пісків та ярів – 0,7. Шкала оцінки екологічної стабільності агроландшафтів за коефіцієнтом Π ес K наведена у табл. 3.1.

Екологічний стан агроландшафтів характеризують також за показниками розораності, залісненості, захищеності території лісовими насадженнями (захисної лісистості), які визначають за вагами відповідних угідь у структурі агроландшафтів, та інтегральними показниками охорони довкілля та раціонального використання земель. Перевищення допустимої розораності обчислюють за формулою:

$$P_{\text{роз}} = (I_{\text{н}} - 1) \times 100, \quad (3.3)$$

де I_n – індекс екологічної невідповідності сучасного використання ріллі. Індекс екологічної невідповідності сучасного використання ріллі визначають за формулою:

$$I_n = S_\phi / S_o, \quad (3.4)$$

де S_ϕ – площа ріллі; S_o – площа орнопридатних земель.

Критерієм оцінки антропогенного навантаження є коефіцієнт, який демонструє, наскільки суттєво впливає діяльність людини на стан природних систем та визначають за формулою:

$$K_n = \frac{\sum(S_i \times B_i)}{\sum S_i}, \quad (3.5)$$

де S_i – площа угіддя i -го виду з певним рівнем антропогенного навантаження, га; B_i – оціночний бал відповідного угіддя з певним рівнем антропогенного навантаження (заповідники – 1 бал; лісосмуги, чагарники, ліси, болота, води – 2 бали; природні кормові угіддя, багаторічні насадження – 3 бали; рілля – 4 бали; землі під будівлями, дворами, шляхами та прогонами, дорогами, порушеними землями, землі промисловості – 5 балів).

Шкала оцінки антропогенного навантаження на агроландшафти наведена у табл. 3.1. Недоліком наведеного підходу є оцінка ріллі одним балом, а не диференційовано залежно від неоднакового рівня навантаження.

Оцінку відповідності технологічного навантаження екологічній ємності агроландшафту здійснюють за окремими показниками, такими як: баланс гумусу, поживних речовин, вміст важких металів, ступінь дії агротехнологій на ґрунти, на якість сільськогосподарської продукції та навколишнє середовище. Фактичні значення показників порівнюють із гранично допустимими і оцінюють, наскільки антропогенні навантаження знаходяться в межах екологічної ємності агроландшафту та забезпечують його виробничу стійкість.

Результати оцінки стійкості агроландшафтів враховуються у регіональних програмах використання та охорони земель, стратегіях регіонального розвитку. Результати оцінки використовуються для обґрунтування першочергових заходів щодо покращення наявного стану використання земель, розробки економіко-математичних моделей оптимізації структури землекористування, які передбачають можливе скорочення або збільшення площ ріллі або інших угідь, що призведе до максимізації виходу продукції та мінімізації антропогенного навантаження. Оцінка стану території як катастрофічного є підставою для визначення площ та місцезнаходження ерозійно небезпечних територій,

складання плану невідкладних заходів і довгострокових програм боротьби з ерозією, складання робочих проєктів захисту від ерозії.

Враховуючі безумовно суттєву роль методик оцінки стійкості агроландшафтів такі методики потребують вдосконалення, адже агроландшафти з однаковими співвідношеннями земельних угідь можуть забезпечувати різну стійкість.

Для визначення екологічної стійкості необхідно враховувати взаємне просторове розміщення угідь агроландшафту, властивості ґрунту та показники мікроклімату ріллі. Тому у формули розрахунку коефіцієнтів екологічної стабільності та антропогенного навантаження необхідно уводити коригувальні коефіцієнти на віддаленість ріллі від полезахисних лісосмуг, захисних лісових насаджень та водних об'єктів, які регулюють погодні умови, формують бажаний мікроклімат на території агроландшафту у вегетаційний період та сприяють підвищенню урожайності.

Зокрема, треба при визначенні коефіцієнта антропогенного навантаження за формулою 3.5 уводити у оціночний бал ріллі B_i (4 бали) коригувальний коефіцієнт $K_{\text{від}}$, якщо відстані між полезахисними лісосмугами перевищують встановлені нормативним документом гранично допустимі відстані залежно від зони розташування і висоти дерев. Значення коефіцієнта $K_{\text{від}}$ при перевищенні фактичної відстані між лісосмугами над гранично допустимою на 100 м становить 1,05; 200 м – 1,1; 300 м – 1,15; 400 м – 1,2; 500 м і більше – 1,25.

Для визначення коригувальних коефіцієнтів у коефіцієнти екологічної стабільності, що визначаються за формулами (3.1, 3.2), необхідні експериментальні дослідження щодо кількісної оцінки та моделі погіршення умов мікроклімату (вологості повітря, температури, швидкості вітру) для рослин у вегетаційний період при перевищенні оптимальних відстаней між полезахисними лісосмугами.

? *Питання для самоконтролю*

1. Назвіть основні ґрунтово-екологічні проблеми агроландшафтів.
2. Які індекси визначають екологічний стан агроландшафтів?
3. Як визначити екологічну стійкість агроландшафтів?
4. Як визначається екологічна стабільність агроландшафтів?

✍ *Практичні завдання*

Завдання 1. Визначити забруднення ґрунту залишками пестициду методом проростків тест-рослин.

Методика виконання: Експеримент полягає у пророщуванні насіння в чистому (контроль) і забрудненому ґрунті при постійній вологості ґрунту 70%, у трьох повторностях. Склянки заповнюють зволженим ґрунтом, із розрахунку по 100 г у кожному. Висівають по 10 штук насіння. Для підтримання вологості

грунт зволожують. Через 3 доби склянки виставляють на світло. Бажано, щоб тривалість освітлення становила від 10 до 12 годин. Витримують 2 тижні. Спостереження проводять щодоби. Відмічають: на який день з'явилися сходи; кількість пророслого насіння, за добу; за скільки днів проросло все насіння рослини. Вираховують загальну схожість насіння у відсотках за 2 тижні.

Водночас відзначають зміни в морфології проростків у контролі та досліді. Після закінчення дослідів рослину виймають із ґрунту, обережно вимивають корені під проточною водою, щоб не пошкодити їх. Розкладають на папір і проводять виміри (висоти рослини, розміри сім'ядолей, листків, довжини кореня і потужності кореневої системи). Окремо занотують дані про контроль. Зважують усі рослини контрольного й дослідних варіантів. Дані вносять у таблиці та складають підсумковий аналіз.

Фітотоксичний ефект (ΦE , %) визначають у відсотках до довжини кореневої системи за формулою 3.6:

$$\Phi E = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \cdot 100\%, \quad (3.6)$$

де L_0 – середня довжина кореня рослини, вирощеної на контрольному середовищі; L_x – середня довжина кореня рослини, вирощеної під впливом токсичного чинника.

Оцінка токсичності субстратів здійснюється за п'ятибальною шкалою.

Таблиця 3.2 – Спостереження за проростанням насіння

Варіант дослідів	Повторність	День появи сходів	Кількість пророслого насіння, шт. за добу	Загальна схожість, %
Контроль	1			
	2			
	3			
Забруднений ґрунт	1			
	2			
	3			

Примітка. Для лабораторних досліджень можна використовувати ґрунт, у який вносять певну визначену кількість пестициду.

Дослідження проводять у два етапи. Закладання дослідів – 2 години; через 2 тижні, після закінчення дослідів, проводиться підсумкове заняття.

Завдання 2. Розробити програму спостережень за забрудненням ґрунтів пестицидами на основі вихідних даних.


ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. МОНІТОРИНГ ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА СТАНУ ЛАНДШАФТІВ

ТЕМА 4. МОНІТОРИНГ ПРОСТОРОВОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ АГРОЛАНДШАФТІВ

Мета: розглянути порядок здійснення моніторингу проблем просторової організації агроландшафтів, визначити фактори просторової диференціації, порушення структури і стійкості агроландшафтів.

План

1. Моніторинг проблем просторової організації агроландшафтів.
2. Фактори просторової диференціації, порушення структури і стійкості агроландшафтів.

 **Основні поняття:** супутниковий моніторинг агроландшафтів; оперативні системи моніторингу сільського господарства; дистанційне зондування Землі; аеровізуальні обстеження; аерокосмічне зондування; стійкість агроландшафтів.

1. Моніторинг проблем просторової організації агроландшафтів

Проблем просторової організації ландшафтів допомагає вирішувати супутниковий моніторинг. Дослідження та розробка супутникового моніторингу сільського господарства почалися із системи Landsat-1 (ERTS) на початку 70-х років ХХ ст. У 1974 р. Міністерство сільського господарства США спільно з NASA та NOAA ініціювало експеримент з інвентаризації зернових культур «the Large Area Crop Inventory Experiment» (LACIE).

Метою цього експерименту було вдосконалення методів прогнозування зернових культур. На початку 80-х років минулого століття було розпочато програму AgRISTARS (Agriculture and Resource Inventory Surveys Through Aerospace Remote Sensing – обстеження сільського господарства та інвентаризація ресурсів за допомогою аерокосмічного дистанційного зондування), яка використовувала можливості супутника NOAA з радіометром AVHRR (Advanced Highly Resolution Radiometer) здійснювати щоденний глобальний моніторинг. завдяки дослідженням, проведеним у цих спільних програмах NASA-USDA, було виявлено значний потенціал дистанційної просторової інформації для моніторингу та управління сільськогосподарськими угіддями. Це дало підстави для створення систем супутникового моніторингу сільськогосподарських ресурсів на глобальному рівні для чотирьох основних напрямів:

- ✓ прогнозування виробництва сільськогосподарських культур;

- ✓ спостереження за змінами у землекористуванні та розповсюдження деградаційних процесів;
- ✓ дослідження впливу змін клімату на стан агроресурсів та в цілому сільськогосподарського виробництва;
- ✓ раннє попередження ризиків і загроз нестачі харчів на глобальному і регіональному рівнях.

Зараз існують глобальні та національні системи моніторингу агросфери засобами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Зокрема, до глобальних належить GIEWS (The UNFAO Global Information and Early Warning System) – система глобальної інформації та раннього попередження ФАО. GIEWS здійснює моніторинг стану основних продовольчих культур у всьому світі з метою оцінювання перспектив виробництва. Для підтримки аналізу та доповнення наземної інформації в системі використовують дані ДЗЗ, які можуть забезпечити отримання цінної інформації про стан вологозабезпечення та розвиток рослинності упродовж вегетаційного періоду.

Окрім оцінювання опадів та NDVI, здійснюється визначення індексу аграрного стресу (ASI), що є оперативним індикатором для завчасного визначення сільськогосподарських угідь, які постраждали від посушливих явищ. Портал GIEWS Earth Observation забезпечує отримання цих даних на глобальному та національному рівнях. Сезонні показники, які використовують у системі, призначені для ідентифікації посівних площ з високою ймовірністю водного стресу. Ці індекси ґрунтуються на даних ДЗЗ про рослинний покрив та температуру поверхні суші, а також на інформації щодо глобальної маски посівів і вегетаційні цикли сільськогосподарських культур, отриманих за історичними даними. На остаточних картах виділено аномальний розвиток рослинності та потенційну посуху в посівах сільськогосподарських культур під час вегетаційного періоду.

Всі вегетаційні показники на рівні країни ґрунтуються на 10-денних даних від METOP-AVHRR, NOAA-AVHRR і NOAA, FEWSNet і ECMWF. Дані та продукти доступні через портал GIEWS Earth Observation, згруповані у сезонні глобальні показники (ASI, середнє VHI та ін.), глобальні показники (аномалії NDVI, VCI, VHI) та показники на рівні країн (опади, вегетаційні індекси, графіки).

Одним зі спільних проєктів NASA та закордонної сільськогосподарської служби (FAS -Foreign Agricultural Service) департаменту сільського господарства США (USDA) є проєкт Global Agricultural Monitoring (GLAM). Проєкт GLAM зосереджено на застосуванні даних, отриманих від інструмента NASA MODIS (спектрорадіометр з помірною роздільною здатністю) для надання інформації системі підтримки прийняття рішень FAS. Вебпортал GLAM цієї системи (<https://glam1.gsfc.nasa.gov/>) показує супутникову інформацію щодо стану рослинності по всьому світу на різних просторових рівнях (глобальному, країни, регіону), а вебпортал Crop Explorer

(<https://ipad.fas.usda.gov/cropeexplorer/>) – інформацію щодо стану рослинності, посушливих явищ, вологості ґрунту, метеорологічних даних по різних регіонах світу.

USDA FAS із системою GLAM нині є найбільшим постачальником регулярних, своєчасних, об'єктивних прогнозів стану рослинництва в глобальному масштабі завдяки глобальному покриттю даними спостереження землі, а також інструментами аналізу для моніторингу стану рослин та оцінювання виробництва у глобальному масштабі, що є партнерством USDA з NASA.

Проект GLAM також відіграє провідну роль у компоненті Ag-07-03 сільськогосподарського моніторингу «Групи спостережень землі» (GEO). GEO є складовою GEOSS (глобальної системи спостереження землі), що надає інструменти підтримки прийняття рішень широкому колу користувачів. GEO було започатковано розробку програми глобального сільськогосподарського моніторингу (GEOGLAM) як елемента GEOSS у відповідь на зростаючу потребу в поліпшенні сільськогосподарської інформації.

Мета GEOGLAM полягає у розширенні можливостей міжнародної спільноти виробляти і розповсюджувати актуальні, своєчасні та точні прогнози сільськогосподарського виробництва на національному, регіональному і глобальному рівнях за допомогою супутникових та наземних спостережень. Ця ініціатива спирається на наявні програми та ініціативи в галузі сільського господарства і моніторингу на національному, регіональному та глобальному рівнях, а також посилює і зміцнює їх через міжнародні мережі, оперативно орієнтовані дослідження, обмін даними та методами. GEOGLAM випускає інформативний набір карт та діаграм, що описують фази вирощування сільськогосподарських культур, умови рослин за регіонами та кліматичні рушійні сили, що впливають на ці умови.

У рамках проекту USGS FEWS-NET було розроблено Систему раннього попередження USAIDFEWS (Early Warning and Environmental Monitoring Program) (<https://earlywarning.usgs.gov/>), портал якої надає доступ до геопросторових даних, продуктів супутникового зображення та похідних продуктів цих даних для підтримки діяльності з моніторингу посухи у всьому світі. На ньому доступні інструменти, що мають відношення до виробництва та прогнозування сільськогосподарських культур. Map Viewer дає змогу користувачам візуалізувати часові ряди адміністративних та врожайних зон NDVI, декадні і сезонні сукупні опади.

Програмне забезпечення Early Warning eXplorer (EWX) являє собою інтерактивний вебінструмент картографування, який дає змогу користувачам візуалізувати оцінку опадів на рівні континентів (RFE), температуру поверхні землі (LST), дані про загальну кількість доступної води (TPW) та аномалії на різних етапах часу, а також аналіз часових рядів.

Моніторинг стану посухи (DSM) – це експериментальний інструмент підтримки прийняття рішень на основі умов погоди та інформації щодо сільськогосподарських культур. Він містить правила моніторингу посухи, які визначають узагальнений показник посухи на національному та субнаціональному рівнях. DSM доступний за адресою <http://earlywarning.usgs.gov/fews/dsm/index.php>. GeoWRSI – програма є геопросторовою, автономною реалізацією моделі водного балансу конкретної культури для вибраного регіону світу. Отримані результати можуть бути використані при оцінюванні та контролі умов вирощування рослин упродовж сезону, або які можуть бути використані при моделюванні врожайності.

GeoCLIM – інструмент просторового аналізу, призначений для кліматологічного аналізу історичних даних про кількість опадів та температуру і може бути використаний для отримання й аналізу кліматичних даних, суміщення даних метеостанцій із супутниковими даними для створення більш точних наборів даних, аналізу сезонних тенденцій та візуалізації кліматичних даних.

Окрім наведених систем на сьогодні існує ряд інших як глобальних, так і регіональних оперативних систем моніторингу сільського господарства, що забезпечують критичну інформацію про сільськогосподарську продукцію у різних масштабах. Зокрема, це місія MARS FOODSEC спільного науково-дослідного центру Європейської комісії – моніторинг продовольчої безпеки для груп ризику регіонів світу з програмою прогнозу врожайності і моніторингу посівів зернових MARS-Stat; GMFS (Global Monitoring for Food Security) – програма Європейського космічного агентства глобального моніторингу для продовольчої безпеки; CSI-CGIAR (Consortium for Spatial Information of the Consultative Group on International Agricultural Research) – консорціум із просторової інформації консультативної групи міжнародних сільськогосподарських досліджень.

Отже, у багатьох країнах пріоритетним є застосування технологій дистанційного зондування землі (ДЗЗ) для: отримання оперативної та актуальної інформації про земельні ресурси, кризові і деградаційні явища, визначення водного режиму, стану посівів та прогнозування врожайності різних культур. багато розвинених країн вже використовують космічну інформацію для господарської діяльності і створили національні ефективні системи оперативного інформаційного забезпечення сільськогосподарського виробництва.

У США Національною службою сільськогосподарської статистики здійснюється програма моніторингу орних земель як на рівні країни, так і на рівні штатів – Cropland Data Layer Program. У Бразилії ще у 2003 р. розроблено Geosafra – національний проєкт сільськогосподарського моніторингу та прогнозування. У Китаї створено CHARMS (China Agriculture Remote Sensing Monitoring System) – систему дистанційного моніторингу сільського

господарства Китаю та China Crop Watch System – систему спостережень за зерновими культурами.

У Казахстані Міністерством сільського господарства, Національним центром космічних досліджень і технологій Національного космічного агентства з 2002 р. створено систему оперативного моніторингу врожаю засобами дистанційного зондування Казахстану.

Аналогічні системи розроблено і в інших країнах: Франції, Великій Британії, Німеччині, Австралії, Індії, Польщі, Угорщині, Чехії та ін. Одними із сучасних тенденцій у розробці систем супутникового моніторингу сільськогосподарських ресурсів є інтеграція і застосування даних різної природи, відповідних прогностичних моделей, наприклад, у межах програм Copernicus, GEOS.

Агропромисловий комплекс України має пріоритетне значення для продовольчої безпеки, розв'язання соціально-економічних проблем, здоров'я населення, реалізації продукції на світовому продовольчому ринку та сталого розвитку держави в цілому. Сільськогосподарське виробництво здійснюється на величезній території і потребує адекватних засобів контролю агроресурсного потенціалу. землі сільськогосподарського призначення займають близько 43 млн га, або понад 70% території, а орні землі – до 32 млн га.

Входження у світовий економічний простір потребує підвищення конкурентоспроможності аграрного виробництва, розробки та запровадження нових інформаційних агротехнологій, більш досконалих методів контролю за станом агроресурсів та їх управління. Але нині чинна система науково-інформаційного забезпечення національного АПК ґрунтується в основному на недостатньо оперативних, трудомістких і витратних методах збору, зберігання, обробки та аналізу інформації про стан агросфери. Затримка з її надходженням на різні адміністративні рівні та виробничі структури негативно впливає на якість і своєчасність прийняття управлінських рішень та запровадження більш досконалих агротехнологій.

Однак, як було наведено вище, не повною мірою використовують такі ефективні методи оперативного контролю агроресурсів як сучасні засоби дистанційного зондування землі (ДЗЗ) з космосу, що широко застосовують у світовій практиці. без впровадження матеріалів ДЗЗ у систему контролю стає проблематичним покращення якості інформаційного забезпечення сільськогосподарського виробництва та відповідно інтеграції національного АПК у міжнародні глобальні проекти.

Отже, удосконалення традиційної системи просторового моніторингу агроландшафтів як складової державної системи моніторингу довкілля через застосування ДЗЗ/ГІС-технологій є надзвичайно актуальним завданням як для галузі сільського господарства, так і державної системи моніторингу довкілля. Особливо актуальним у цьому відношенні є аналіз динаміки зміни кліматичних чинників, просторового розповсюдження деградаційних процесів

опустелювання та деградації агроландшафтів, збереження їх різноманіття, удосконалення систем землекористування та агротехнологій, зокрема для потреб точного землеробства. Важливим є спостереження за станом посівів і прогнозування їх урожайності та валових зборів, зокрема зернових культур, а також отримання даних офіційної сільськогосподарської статистики, контролю та перевірки надання субсидій і страхування.

В операційних системах супутникового моніторингу сільськогосподарських ресурсів простежується тенденція щодо інтеграції і застосування даних різної природи, відповідних прогностичних моделей, наприклад, у межах програм GMES, GEOSS. В Україні подібні системи не розробляють, хоча необхідні передумови є. Попри наявність потужного аграрного потенціалу та значної кількості установ, які мають певні напрацювання у сфері застосування супутникових даних на користь агропромислового комплексу, і досі не розроблено єдиної державної системи супутникового моніторингу агроресурсів. В Україні методи дистанційного моніторингу сільгоспкультур почали опрацьовувати ще у 80- і 90-х роках минулого століття Держкомгідромет та створеним у системі Міністерства сільського господарства колишнього СРСР, зокрема філіал Всесоюзного науково-дослідного центру «Агроресурси» – інститут Укр НДПТІ «Агроресурси».

Моніторинг проводили у вигляді щорічних аеровізуальних обстежень стану посівів озимих зернових культур у весняний і осінній періоди вегетації. При проведенні аеровізуальних обстежень часто використовували засоби відеознімання з літаків. Із середини 90-х років ХХ ст. у зв'язку із значним збільшенням вартості авіаційного обслуговування ці обстеження припинили. На початку 90-х років минулого століття в УкрНДПТІ «Агроресурси» розробляли концептуальні положення щодо впровадження матеріалів аерокосмічного знімання в загальну систему агромоніторингу.

Зокрема, було визначено перелік сільськогосподарських об'єктів, які доцільно досліджувати засобами аерокосмічного зондування, поставлено задачі дистанційного моніторингу та вимоги до нього. Передбачалося, що система інформаційного забезпечення дистанційного моніторингу буде ґрунтуватися на розробленій для території України мережі великих аерокосмічних полігонів (АКП) і тестових ділянок (ТД) та зон їх обслуговування, а отримані при проведенні за мережею АКП і ТД синхронних наземних та аерообстежень з відеосупроводом дані про стан посівів та їх продуктивність будуть екстраполюватися на території зон обслуговування.

Розробляли методичні підходи та прийоми візуально-інструментального й автоматизованого дешифрування багатозональних зображень з оцінювання стану посівів польових культур і рівня їх пошкодження метеорологічними і біологічними факторами та стану ґрунтів. Водночас методичні розробки щодо окремих елементів дистанційного моніторингу посівів сільськогосподарських

культур авіаційними спектрометричними засобами знімання виконували в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті (УНДГМІ).

За результатами досліджень було розроблено удосконалену методику визначення наземної фітомаси за даними авіаційних спектрофотометричних спостережень для території України. Опрацювання методів радіолокаційно-радіометричного зондування сільськогосподарських посівів та стану ґрунтів, розробка і створення авіаційного апаратного комплексу АДЗ здійснювали у Центрі радіофізичного зондування землі (ЦРЗЗ) ім. А.І. Калмикова НАН України.

З 1997 р. Інститут статистики Держкомстату України розпочав роботи з розробки методів і технологій використання даних космічного знімання для отримання статистичних показників площ, стану і продуктивності посівів з використанням територіальної вибіркової мережі, які з 2006 р. було продовжено в Інституті агроєкології і природокористування (ІАП) НААН.

Варто зауважити, що за останні 10-15 років в установах НАН України та НААН, Державного космічного агентства, Мінагрополітики України виконувалися розрізнені дослідження з використання методів ДЗЗ в аграрному виробництві та природокористуванні. з метою консолідації цих наукових розробок та координації науково-дослідних робіт у майбутньому Інститутом агроєкології і природокористування НААН разом із ДП «Дніпрокосмос» Державного космічного агентства розроблено Концепцію науково-технічної програми «Моніторинг агроресурсів і прогнозування їхнього стану з використанням даних ДЗЗ» (скорочена назва «Агрокосмос»), яка була першим кроком до створення державної інтегрованої інформаційної системи моніторингу агроресурсів з використанням супутникових даних.

У рамках програми науково-дослідних робіт Національної академії аграрних наук України розроблено науково-методичне і нормативне забезпечення створення та функціонування наземного інформативного блоку супутникового агроєкологічного моніторингу та методичне забезпечення з екологічного оцінювання агроландшафтів, визначення статистики площ, стану і продуктивності посівів, контролю сівозмін, визначення ерозійної деградації агроландшафтів та ґрунтового покриву.

Виконано аналіз та прогноз впливу змін клімату на врожайність і валові збори зернових культур на ближню і віддалену перспективу в рамках проекту «Проведення просторової оцінки ступеня сприятливості майбутніх кліматичних умов для продуктивності зернових культур і лісових насаджень». У 2008–2011 рр. сумісно із ДП «Дніпрокосмос» проведено НДР з апробації методичного забезпечення та створення автоматизованої технології класифікації посівів на території трьох тестових районів, розташованих у різних агроландшафтних умовах, зокрема Миронівського Київської області, Канівського Черкаської області і Магдалинівського Дніпропетровської області.

За технологією і методикою MARS в УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого здійснено моделювання процесу росту та розвитку окремих сільськогосподарських культур і агрометеорологічний прогноз урожайності основних культур для адміністративних районів України. Ці роботи сприяють інтеграції України в міжнародну систему MCYFS (система прогнозу врожайності на основі програми MARS). За результатами моделювання формують кількісні прогнози врожайності, які друкують у бюлетенях. Національним науковим центром «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» започатковано роботи з моніторингу різноманітних характеристик ґрунту та створення відповідних інформаційних баз даних, електронних ґрунтових карт з використанням супутникових даних. Проводиться підготовка до чергового великомасштабного обстеження ґрунтів на засадах ДЗЗ/ГІС. Інститут водних проблем і меліорації НААН здійснює розробки щодо використання даних ДЗЗ при інтегрованому управлінні водними та земельними ресурсами на типових зрошувальних системах, виконувалася низка проєктів з країнами Євросоюзу (Нідерланди, Бельгія, Фінляндія) стосовно розробки методик використання даних ДЗЗ для визначення стану посівів в умовах зрошуваних земель, показників стійкості агроландшафтів та водних і енергетичних балансів зрошуваних земель.

Важливими для аграрного виробництва є результати досліджень, отримані у Центрі аерокосмічних досліджень землі (ЦАКДЗ) Інституту геологічних наук (ІГН) НАН України, Інституті космічних досліджень НАН України, а також в аграрних університетах, зокрема Національному університеті біоресурсів і природокористування України. У 2000-2001 і 2006-2010 рр. інститутами НАН України і НААН, Держкомстатом України, а саме ЦАКДЗ ІГН НАН України, Інститутом географії НАН України, Інститутом агроєкології і природокористування НААН, Інститутом статистики Держкомстату та ДП «Дніпрокосмос» сумісно виконувалася низка інноваційних і міжнародних проєктів за підтримки програмами Tacis Bistro та INTAS, спрямованих на застосування космічних технологій для підтримки сільськогосподарської реформи у сфері сільськогосподарської статистики та впровадження інформаційних технологій дистанційного моніторингу стану рослинного покриву і створення автоматизованої технології класифікації посівів культур.

У 2009 р. за підтримки Міністерства аграрної політики та продовольства України і Державного національного космічного агентства Інститут агроєкології і природокористування НААН спільно із ДП «Дніпрокосмос» та фірмою AG RapidEye (Німеччина) реалізували пілотний проєкт «Моніторинг аграрних ресурсів з використанням даних RapidEye» (AGRO-UA). У цілому, за останні роки до справи супутникового моніторингу аграрного потенціалу залучалися понад 12 установ та організацій. Але, попри значний обсяг проведених наукових досліджень, їхні результати залишаються розділеними, малопов'язаними між собою, не доведеними до системного та технологічного

застосування у виробничій діяльності, а також створенні галузевої системи супутникового агроекологічного моніторингу.

Питання недоведеності використання космічної інформації в управлінській і виробничій діяльності АПК пов'язано з необхідністю забезпечення функціонування систем моніторингу агроландшафтів потужними обчислювальними ресурсами, системами зберігання баз даних, спеціалізованим програмним забезпеченням оброблення супутникових і різноманітних тематичних даних та моделювання прогностного оцінювання. Особливо важливим у цьому відношенні є створення системи тестових аграрних полігонів для отримання калібрувальної інформації і валідації моделей та методик, а також адаптації напрацьованих в ЄС моделей і методик та їх впровадження в інформаційну систему супутникового агроекологічного моніторингу. Перспективи розвитку вітчизняних засобів космічного знімання, значна кількість наявних різноманітних закордонних систем космічного спостереження, що забезпечують можливість отримання даних ДЗЗ на регулярній основі, наявність високого наукового кадрового інтелектуального потенціалу створюють передумови для реалізації вітчизняної системи оперативного дистанційного агроекологічного моніторингу. Ця масштабна робота потребує координації науково-дослідних робіт наукових установ Національної академії наук України, Національної академії аграрних наук України, Мінагрополітики України, Мінприроди України, Державного космічного агентства, університетів та виробничих структур. Найдоцільніше розв'язувати цю важливу проблему через створення міжвідомчого інформаційно-аналітичного центру «Агрокосмос» на базі Інституту агроекології і природокористування НААН. Важливим є також організація в його складі мережі тестових аграрних полігонів і сівозмін, які доцільно розмістити на території дослідних господарств Національної академії аграрних наук України.

2. Фактори просторової диференціації, порушення структури і стійкості агроландшафтів

Нестійкість і недостатня продуктивність сучасного землеробства є наслідком низки невирішених економічних і екологічних проблем. Порушення збалансованості окремих елементів агроландшафтів, у тому числі співвідношення проц ріллі, природних угідь, лісових і водних ресурсів, ускладнення соціально-економічної ситуації призвело до суттєвої деградації агроландшафтів і ґрунтового покриву. Отже, потрібні негайні заходи з удосконалення сучасного стану агроландшафтів, введення ґрунтозахисних, заснованих на екологічних принципах і адаптованих до конкретних природних і соціально-економічних умов, систем землеробства.

Під агроландшафтами потрібно розуміти природно-господарські територіальні системи сільськогосподарського призначення. Вони складаються

з географічної оболонки, що своєю чергою є сукупністю природних елементів із різним ступенем антропогенного навантаження, у тому числі орних сільськогосподарських угідь.

Сучасні агроландшафти створені з різних елементів агроecosистем, у тому числі з ріллі, сіножатей, пасовищ, багаторічних насаджень, незначних за площею ареалів лісів, чагарників, природних лук, боліт, торфовищ, а також доріг, комунікацій і споруд. Вони становлять структуру агроландшафта й екологічне різноманіття, які обумовлюють його стабільність і продуктивність.

Стійкість агроландшафта – це здатність підтримувати задані виробничі та соціальні функції при збереженні біосферних.

Екологічну стійкість агроландшафта визначають:

- ✓ оптимальний водний режим, управління його витратними статтями, особливо поверхневим стоком під час екстремальних періодів, водовіддача;

- ✓ стабільна родючість ґрунтів, попередження їх деградації, насамперед процесів ерозії;

- ✓ оптимальна структура земельних угідь;

- ✓ створення умов для існування різноманітної флори та фауни.

Порушують стабільність агроландшафта:

- ✓ висока розораність ландшафтів, що обумовлює не тільки прискорення ерозії, але й їх деградацію, порушення стану водних ресурсів;

- ✓ ерозійні процеси, які руйнують не тільки ґрунти, а й довкілля загалом;

- ✓ нераціональне використання схилкових земель, що прилягають до гідрографічної мережі;

- ✓ від'ємний баланс органічної речовини й біогенних елементів;

- ✓ техногенне надходження ксенобіотиків;

- ✓ понаднормове урбанізаційне та рекреаційне навантаження.

На відміну від природних екосистем, котрі орієнтовані на виживання за допомогою природних механізмів, агроecosистеми орієнтовні на урожайність та якість продукції в режимі, заданому людиною. Екологічна стійкість перших значно вища, ніж других. Це визначає особливий інтерес до механізмів природної стійкості їх використання при формуванні агроландшафтів. В основі цих механізмів лежить біологічний колообіг речовин при значному видовому різноманітті та високій чисельності організмів, що є головним чинником забезпечення стійкості. В більшості агроценозів біологічна продуктивність менша, ніж у природних ценозах, особливо значні відмінності за загальними запасами фітомаси. Поповнення запасів органічної речовини, підвищення біогенності ґрунтів – загальні умови підвищення стійкості агроландшафтів.

Для розробки заходів зі стабілізації агроландшафтів спочатку необхідно оцінити ступінь їх антропогенної перетвореності. Всі розрахунки проводяться за

формою табл. 4.1. Отримавши вихідні дані, визначають відсоток кожного елемента агроландшафту від загальної прощі $F_{\text{заг}}$.

Для оцінки ступеня антропогенної перетвореності необхідно застосувати методику К.Г. Гофмана, згідно з якою кожному елементу агроландшафту надається відповідний ранг антропогенного впливу (R_i).

Таблиця 4.1 – Оцінка ступеня антропогенної перетвореності агроландшафту

Елементи агроландшафту	F		R _i	I _{ап}	I _{гп}	K _{ані}	K _{ап}	Ступінь перетвореності
	га	%						
Природні охоронні території	1126		1		1,0			
Ліси	560		2		1,05			
Болота та заболочені землі	24		3		1,10			
Луки, пасовища	47		4		1,15			
Сади, виноградники	50		5		1,20			
Рілля, городи	2998		6		1,25			
Сільська забудова	60		7		1,30			
Міська забудова	90		8		1,35			
Водосховища, канали	38		9		1,40			
Землі промислового призначення	45		10		1,50			
Разом	F _{заг}	100				Σ=		

Визначаємо індекс антропогенної перетвореності агроландшафту (I_{ап}) як добуток рангу кожного елемента на частку його площі у відсотках:

$$I_{ап} = F_i \times R_i \quad (4.1)$$

Із метою врахування глибини антропогенної перетвореності агроландшафту «вага» кожного елемента визначається експертним методом, розробленим П.Г. Шищенком. Індекс глибини перетвореності (I_{гп}) приймаємо згідно з даними графі 7 табл. 4.1.

Визначаємо коефіцієнт антропогенної перетвореності і-го елемента агроландшафту (K_{ані}):

$$K_{ані} = \frac{I_{ані} \times I_{гпі}}{100} \quad (4.2)$$

Визначаємо сукупний коефіцієнт антропогенної перетвореності агроландшафту:

$$K_{ап} = \sum_{i=1}^n K_{ані} \quad (4.3)$$

Оцінюємо ступінь антропогенної перетвореності агроландшафту за шкалою П.Г. Шищенко:

$K_{ап} \leq 3,80$ – слабоперетворений;

$K_{ап} = 3,81 - 5,30$ – перетворений;

$K_{ап} = 5,31 - 6,50$ – середньоперетворений;

$K_{ап} = 6,51 - 7,40$ – сильноперетворений;

$K_{ап} > 7,40$ – дуже сильноперетворений.

Далі проводимо кількісну та якісну оцінку екологічної стійкості агроландшафту за методикою словацьких учених Е. Клементової та В. Гейніге. Кількісна оцінка здійснюється шляхом розрахунку коефіцієнта екологічної стабілізації ландшафту (КЕСЛ) за формулою:

$$КЕСЛ_1 = \frac{\sum_{i=1}^n F_{ст}}{\sum_{i=1}^n F_{нст}} \quad (4.4)$$

де $F_{ст}$ – площа стабільних елементів агроландшафту, га;

$F_{нст}$ – площа нестабільних елементів агроландшафту, га.

Дані розрахунків вносимо в табл. 4.2.

Агроландшафт як територіальне ціле оцінюється за такою шкалою:

$КЕСЛ_1 \leq 0,5$ – нестабільний, з яскраво вираженою нестабільністю;

$КЕСЛ_1 = 0,51 - 1,0$ – нестабільний;

$КЕСЛ_1 = 1,01 - 3,0$ – умовно стабільний;

$КЕСЛ_1 = 3,01 - 4,5$ – стабільний;

$КЕСЛ_1 > 0,51 - 1,0$ – стабільний, з яскраво вираженою стабільністю.

Якісна оцінка екологічної стійкості агроландшафту характеризується коефіцієнтом екологічної стабілізації біотехнічних елементів і агроландшафту в цілому – $КЕСЛ_2$.

Таблиця 4.2 – Кількісна оцінка екологічної стійкості агроландшафту

№ з/п	Характер стабільності елементів агроландшафту	Елементи агроландшафту	F, га	КЕСЛ ₁	Оцінка
1	Стабільні	Ліси			
		Лісосмуги			
				
				
		$\Sigma =$			

2	Нестабільні	Рілля			
				
			$\Sigma =$		

Біотехнічні елементи агроландшафту неоднаково впливають на його стійкість. Для оцінки цього впливу необхідно знати не тільки площу, яку вони займають, але й їх внутрішні властивості та якісний стан. Тому до уваги беруться такі характеристики: вологість і профіль біотопу; структура біомаси, фіксація енергії, регіональна цінність території, місце розташування, морфологія поверхні тощо. Значення біотехнічних елементів агроландшафту наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Екологічне значення біотехнічних елементів агроландшафту

Біотехнічні елементи	Кез
Площа забудови, відчуження під шляхову мережу	0,0
Рілля	0,14
Виноградники	0,29
Фруктові сади, акації	0,43
Лісосмуги (хвойні породи)	0,38
Городи	0,50
Луки	0,62
Лісосмуги (листяні породи)	0,63
Пасовища	0,68
Водойми й водотоки, болота	0,79
Природні ліси	1,00

Коефіцієнт $КЕСЛ_2$ розраховується за формулою:

$$КЕСЛ_2 = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \times K_{ез} \times K_{г}}{F_{заг}} \quad (4.5)$$

де f_i – площа біотехнічного елемента, га; $K_{ез}$ – коефіцієнт екологічного значення біотехнічного елемента агроландшафту; $K_{г}$ – коефіцієнт геолого-морфологічної стійкості рельєфу ($K_{г} = 1$ для стабільного рельєфу; $K_{г} = 0,7$ для нестабільного рельєфу); $F_{заг}$ – загальна площа біотехнічних елементів агроландшафту, га.

Розрахунки вносимо в табл. 4.4.

Оцінка здійснюється згідно з такою шкалою:

$КЕСЛ_2 \leq 0,33$ – нестабільний ландшафт;

$КЕСЛ_2 = 0,34 - 0,5$ – малостабільний;

$КЕСЛ_2 = 0,51 - 0,66$ – середньостабільний;

$КЕСЛ_2 > 0,66$ – стабільний.

Таблиця 4.4 – Якісна оцінка екологічної стійкості агроландшафту

№ з/п	Біотехнічні елементи	f_i , га	K_{e3}	K_r	$F_i \cdot K_{e3} \cdot K_r$	$КЕСЛ_2$	Оцінка
1							
2							
3							
4							
5							
n							
		$\Sigma=$			$\Sigma=$		

? Питання для самоконтролю

1. Для розв'язання яких питань була створена система супутникового моніторингу сільськогосподарських ресурсів на глобальному рівні?

2. Яка система нині є найбільшим постачальником регулярних, своєчасних, об'єктивних прогнозів стану рослинництва в глобальному масштабі?

3. Яке програмне забезпечення використовують для вивчення просторової організації ландшафтів?

4. Що таке стійкість агроландшафтів?

5. Як розрахувати ступінь антропогенної перетвореності.

✍ Практичні завдання

Завдання 1. Визначити ступінь антропогенної перетвореності агроландшафту на основі вихідних даних, наведених у теоретичній частині.

Завдання 2. Здійснити кількісну та якісну оцінку екологічної стійкості агроландшафту за місцем проживання здобувача освіти. Графічно представити

структуру агроландшафта. Зробити загальний висновок щодо оптимізації агроландшафтів за результатами розрахунків.


ТЕМА 5. МОНІТОРИНГ СТАНУ АГРОЛАНДШАФТІВ

Мета: розглянути як здійснюється моніторинг стану органічної речовини в ґрунті, оцінка його параметрів і джерел відтворення в агроландшафтах, проаналізувати особливості моніторингу біологічної активності ґрунтів сільськогосподарського призначення.

План

1. Моніторинг стану органічної речовини в ґрунті, оцінка його параметрів і джерел відтворення в агроландшафтах.

2. Моніторинг біологічної активності ґрунтів сільськогосподарського призначення.

 **Основні поняття:** екологічно адаптовані системи землеробства; вміст рухливого фосфору в ґрунті; максимально допустимі рівні вмісту токсикантів в рослинницькій продукції (МДР); потенціал біологічного азоту; ґрунтові мікроорганізми; мікробіота.

1. Моніторинг стану органічної речовини в ґрунті, оцінка його параметрів і джерел відтворення в агроландшафтах

У формуванні екологічно адаптованих систем землеробства велике значення надаються біологічному азоту, що надходить в сферу матеріально-енергетичних перетворень в агроценозах за допомогою використання продукційних можливостей бобових культур (головним чином багаторічних трав). При розширеному відтворенні родючості ґрунтів вся технологія вирощування бобових культур і система добрив повинні сприяти максимальній симбіотичній фіксації азоту атмосфери й завдяки цьому забезпечувати збільшення врожайності без застосування азотних добрив. Без надійної інформації про реальний внесок біологічного азоту й органічної речовини бобових важко уникнути негативних економічних і екологічних наслідків. При цьому необхідно враховувати ґрунтово-кліматичні умови, насиченість сівозміни бобовими культурами і їхній видовий склад.

Для реалізації потенціалу біологічного азоту в практиці землеробства необхідна достовірна інформація, що дозволяє розробити систему оціночних показників, основні з яких:

- ✓ розміри азотфіксації бобовими при різній їхній урожайності;
- ✓ кількість атмосферного азоту і надходження в ґрунт органічної речовини;
- ✓ можливі урожайності зернових за рахунок використання азоту бобових і потреба в мінеральному азоті при вирощуванні культур по бобових попередниках.

Вихідними даними для розв'язання цих питань повинні служити матеріали моніторингу агроландшафтів. У сівознах з бобовими коефіцієнт азотфіксації визначають для оцінки інтенсивності азотфіксації різними групами бобових залежно від досліджуваних факторів, а головним чином для встановлення реального балансу азоту ґрунту. За допомогою коефіцієнта азотфіксації оцінюють частку симбіотичного азоту, що надійшов у ґрунт із залишками бобових (прибуткова стаття), а також відчуження бобовими азоту із ґрунту й добрив (видаткова стаття).

Для культури бобових винос азоту NB визначають із поправкою на азотфіксацію (однак цією вимогою часто зневажають) за формулою:

$$NB = NY (1 - KF), \quad (5.1)$$

де NY – загальний азот урожаю (основна й побічна продукція), кг/га; KF – коефіцієнт азотфіксації.

Установлено, що у варіантах досліду із внесенням азотних добрив (особливо в підвищених дозах) коефіцієнт азотфіксації в бобових значно знижується. І в таких випадках винос азоту й добрив із ґрунту відповідно зростає, а надходження симбіотичного азоту в ґрунт зменшується. Для однорічних бобових культур масу органічної речовини, загального й симбіотичного азоту, що надходить у ґрунт, визначають щорічно наприкінці вегетації, для багаторічних бобових трав - у рік розорювання їхнього шару. Органічна речовина бобових, яка надходить у ґрунт, складається з маси пожнивних і кореневих залишків у шарі 0-40 см і активної органічної речовини, що випадає з безпосереднього обліку (дрібні живі й відмерлі корінці, бульбочки й т.д.).

Облік у цьому випадку ведуть з введенням корегувальних коефіцієнтів. Практично виконується наступна процедура. Спочатку враховують кореневу масу в шарі ґрунту 0-20 і 20-40 см, відмиваючи корінь від ґрунту на ситах з отворами 1,5-2,0 мм. Далі отриману облікову масу стерні і коріння множать на корегувальний коефіцієнт. У підсумку забезпечується відносна повнота обліку всієї органічної маси бобових, що надходять у ґрунт.

Орієнтовні поправочні коефіцієнти з урахуванням потужності корневих систем різних видів груп бобових приймають наступні:

- ✓ багаторічні бобові трави 2,0;
- ✓ бобово-злакові суміші із часток бобового компонента більше 50 % 1,5;
- ✓ люпин кормовий, кормові боби (на сіно, зелений корм, силос) 1,6;
- ✓ зернобобові 1,4;
- ✓ однолітні бобово-злакові трави 1,3;
- ✓ те ж с часткою бобового компонента більше 25-40% – 1,5.

Висока ефективність дії бобових попередників на наступні культури пояснюється не тільки кількістю біологічного азоту (прямий фактор), але й масою синтезованої органічної речовини в ґрунті (непрямий фактор), що поліпшує її структуру й водно-фізичні властивості. У результаті забезпечується більше тривалий тимчасовий ефект дії азоту бобових у порівнянні з азотом мінеральних добрив. У зв'язку із цим важливо перед посівом зернової культури при розрахунку оптимальних доз азотних добрив після бобових враховувати не тільки вміст мінерального азоту в ґрунті, але й азот, що використовується наступною культурою в результаті мінералізації органічної маси бобових, що надійшла в ґрунт.

Найважливіший показник родючості, що визначає врожайність сільськогосподарських культур і ефективність дії добрив, – вміст рухливого фосфору в ґрунті, що також належить до об'єктів агроекологічного моніторингу. Завдання полягає в тім, щоб досягти в ґрунті такого вмісту фосфору, при якому він не був би фактором, що обмежує урожай.

Перша частина проблеми – створення певної кількості фосфору в ґрунті – обґрунтована дослідженнями системи «ґрунт – добрива – рослини». Установлено, що для забезпечення потреби рослин першорядне значення має концентрація фосфору в ґрунтовому розчині біля поверхні кореня. Ступінь концентрації залежить від поглинання фосфору коріннями рослин і відновлення її шляхом переходу фосфору із твердої фази.

Чим більше запас іонів, здатних до обміну між твердою й рідкою фазами ґрунту (фактор ємності), чим більше їхня рухливість (фактор інтенсивності), тим швидше концентрація відновлюється, а рослини краще забезпечуються фосфором. Очевидно, що для нормального росту й розвитку рослин ґрунт повинен мати такий запас фосфору, що забезпечує високу інтенсивність переходу фосфат-іонів із твердої фази в розчин. Запас рухливих фосфатів (фактор ємності) для кожної ґрунтової різниці визначають стандартним методом. У системі агроекологічного моніторингу для розв'язання питань оптимізації фосфорного живлення рослин можна застосовувати також методи рослинної діагностики, засновані на результатах фізіологічних і агрохімічних досліджень (певна залежність хімічного складу рослин по фазах і періодах вегетації від ступеня підживлення культур), які використовують у багатьох країнах.

Практичний досвід проведення рослинної діагностики показує, що реакція рослини на надходження й споживання живильних речовин проявляється досить швидко й досить точно відбиває їхній вміст. Очевидно, що еколого-агрохімічна оцінка фосфорних добрив повинна містити не тільки відомості про основний живильний елемент – фосфор, але й про наявність у складі добрива домішок, що представляють небезпеку для навколишнього природного середовища. Важкі метали, фтор і інші компоненти необхідно визначати в самих добривах, у ґрунті у випадку їхнього виявлення й у рослинній продукції

по найбільш контрастних варіантах. У поліпшенні родючості ґрунтів, підвищенні продуктивності культур, що вирощуються, особливе значення мають органічні добрива.

Ці добрива є важливим джерелом поповнення запасів доступних рослинам живильних речовин, вони спричиняють позитивний меліоративний вплив на ґрунт, сприяючи, зокрема, оптимізації його гумусового стану. Відомо 39 позитивний вплив органічних добрив у нейтралізації токсичних властивостей важких металів у результаті зв'язування їх у малодоступні сполуки, ослабленні токсичної дії інших хімічних елементів. Наприклад, у Японії вміст кадмію в рисі знижувався при внесенні пташиного калу, компосту або борошна з рисової соломи. Зменшення токсичності поєднань хрому відзначено при внесенні торфу або осаду стічних вод у кількості не менш 100 т/га.

Попри на велике виробниче значення органічних добрив, накопичено чимало даних про суттєві втрати органікою живильних елементів, високі концентрації токсичних речовин у сільськогосподарській продукції головним чином через порушення технології використання даного виду добрив (особливо різних видів безпідстилкового гною). Концентрація тваринництва, розвиток його на промисловій основі докорінно змінили структуру і якість органічних добрив. Скоротилася частка підстилкового гною (до 20% загальної маси); одночасно збільшився вихід безпідстилкового напіврідкого й рідкого гною й гнойових стоків.

Застосування високих доз безпідстилкового гною супроводжується нагромадженням фосфору в ґрунті, а також підвищенням його вмісту в ґрунтових водах. Із застосовуваної як добриво органіки найбільшу небезпеку для навколишнього середовища можуть представляти осади стічних вод. Застосування їх як добрива можливо в науково обґрунтованих дозах тільки після ретельного хімічного аналізу осадів і санітарної перевірки на спеціальних майданчиках. З огляду на можливість забруднення навколишнього середовища, необхідний постійний контроль за якістю органічних добрив, вмістом у них токсичних речовин, а також накопиченням останніх у ґрунті й рослинах.

Розширене відтворення родючості ґрунтів є одним з найважливіших природоохоронних завдань, воно передбачає постійну турботу про поповнення запасів гумусу, що можливо при максимальному використанні різних видів органічних відходів як добрива.

Спостерігається прямий зв'язок - чим більше уваги приділяють грамотному використанню гною й інших органічних добрив, тим вище культура землеробства. Порушення науково обґрунтованих рекомендацій з виготовлення, зберігання й внесення органічних добрив не тільки істотно знижує їхню ефективність, але й помітно підвищує ймовірність забруднення природних комплексів і їхніх складових. Відповідно до вимог екологічної безпеки, необхідний обов'язковий контроль по основним блок-компонентам агроecosystem.

Різні види органічних добрив необхідно аналізувати на зміст у них макро- і мікроелементів, патогенної мікрофлори і яєць гельмінтів. У нетрадиційних видах органіки (сапропелі, усіякі компости, сировиною для яких служать відходи промислових і сільськогосподарських підприємств) варто 40 додатково визначати зміст важких металів і залишкових кількостей пестицидів.

Закономірності поведіння в об'єктах зовнішнього середовища (атмосфера, вода, ґрунт, рослина) великого набору хімічних засобів захисту рослин, регуляторів росту, інгібіторів, дефоліантів, а також нітратів, нітритів і важких металів досить добре вивчені в модельних експериментах. Установлено концентрації цих речовин і препаратів, що викликають загибель 50 % піддослідних тварин (LD_{50}); виявлені періоди напіврозпаду хімічних сполук в об'єктах зовнішнього середовища ($T_{1/2}$) і розпаду на 80 і 100 % (T_{80} і T_{100}). Для багатьох речовин відомі закономірності динаміки їхньої трансформації й деградації в ґрунті й рослинах; найбільш істотні метаболіти; розроблені нормативи гранично допустимих концентрацій токсикантів в атмосфері, воді й ґрунті (ГДК) і максимально допустимі рівні їхнього вмісту в рослинницькій продукції (МДР), а також методи визначення залишкових кількостей пестицидів в об'єктах середовища. Однак цього поки недостатньо для того, щоб упевнено рекомендувати використання агрохімікатів у сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур.

Суть питання в тім, що вищезгадані параметри практично не вивчені при комплексному застосуванні засобів хімізації. У практиці ж землеробства дуже рідкі випадки, коли використовують який-небудь один препарат. Звичайно вживається комплекс засобів хімізації, які застосовуються або спільно (у вигляді сумішей), або послідовно з короткими інтервалами. В обох випадках агрохімікати в ґрунті й рослинах вступають у складні взаємодії, характер і спрямованість яких можуть істотно відрізнятись. В остаточному підсумку закономірності, які були встановлені для «індивідуальних» речовин, що використовувались в чистому вигляді, змінюються. При комплексному застосуванні засобів хімізації виникають специфічні питання сумарної токсичності ґрунту, шкідливості (або нешкідливості) рослинницької продукції, які неможливо визначити традиційними методами.

Залишкові кількості всіх препаратів, що застосовувалися, можуть бути на рівні МДР, однак чи відбувається синергічний ефект, однозначно відповісти сьогодні неможливо. Все це об'єктивно диктує необхідність проведення в стаціонарних тривалих дослідках або на полігонах агроекологічного моніторингу всебічних досліджень, що дозволяють одержати обґрунтовані порівняльні характеристики неоднакових за ступенем «насичення» агрохімікатами систем комплексного застосування засобів хімізації в сівозмінах різних типів.

Важливий показник – динаміка вмісту пестицидів у ґрунті й рослинах. Для вивчення динаміки проби відбирають, як мінімум, в 3-4 строки: перший – у день обробки (вихідний вміст), а далі через 3-5, 15-30 і 41 50-60 діб після

обробки, а також при збиранні урожаю. Найменші тимчасові інтервали беруть при використанні нестійких препаратів, найбільші – стійких. Залишкові кількості пестицидів у ґрунті й рослинах визначають офіційними методами, затвердженими уповноваженими на те органами (Державні хімічні комісії, Міністерство охорони здоров'я і ін.).

Оцінюють отриману інформацію порівнянням з нормативами ГДК і МДР в ґрунті й рослинах. Паралельно із залишковою кількістю пестицидів у рослинних зразках на основі стандартних методів досліджується вміст токсикантів, що містять азот (NO_2^- , NO_3^-), важких металів, фтору, миш'яку, хлору, ряду мікроелементів. Важливе значення в агроекологічному моніторингу надають визначенню сумарної шкідливості (або нешкідливості) рослинницької продукції.

2. Моніторинг біологічної активності ґрунтів сільськогосподарського призначення

Біологічні властивості ґрунтів значною мірою залежать від біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів та специфіки функціонування різних еколого-трофічних груп мікробного ценозу педосфери. Діяльність ґрунтових мікроорганізмів визначає родючість ґрунтів, їх екологічний та фітосанітарний стан, але, окрім того, ґрунтові мікроорганізми високочутливі індикатори, які миттєво реагують на наявність в екосистемах контамінантів, що віддзеркалюється на показниках біологічної активності ґрунту, зокрема ферментативній активності та інтенсивності виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту. Функціонуванні ґрунтових екосистем ферменти, що накопичуються у ґрунті в процесі життєдіяльності живих організмів відіграють виключно важливу роль. Завдяки біокаталітичним процесам за участю різних ферментів, ґрунти здійснюють свої найважливіші біогеоценотичні функції, такі як гумусовоенергетичні, трофічні, санітарно-відновлювальні тощо.

Відомо, що кількісний та якісний склад ґрунтової мікробіоти адекватно віддзеркалює ступінь антропогенного навантаження, тому використовується як діагностичний показник при оцінці екологічного стану ґрунту трансформованих біогеоценозів.

Активне використання інтенсивних агротехнологій з метою одержання високих врожаїв час то призводить до надмірного забруднення ґрунту агроекосистем ксенобіотиками. Відповідно до концепції сталого розвитку агроекосистем в Україні на період до 2025 року, яка спрямована на забезпечення ідей і принципів, декларованих конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро 1992 р.) та Всесвітнім самітом із збалансованого розвитку (Йоханнесбург 2002 р.), передбачено організацію науково-методичного забезпечення комплексного агроекологічного моніторингу агроландшафтів України, до біотичної складової якого входить мікробіологічний моніторинг.

Мікробіологічний моніторинг – регулярна система спостережень та діагностики за станом ґрунту екосистем з використанням показників, які характеризують функціональний стан фунтової мікробіоти.

До основних завдань мікробіологічного моніторингу входить визначення біомаси ґрунтових мікроорганізмів, дослідження особливостей функціонування різних еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів при антропогенному навантаженні, визначення спрямованості мікробіологічних процесів у ґрунті за умов антропогенного впливу, встановлення рівня біологічної та фітотоксичної активності ґрунту різних екосистем. Крім того, важливим аспектом є визначення інтенсивності ферментативних реакцій, встановлення таксономічного складу ґрунтового мікробіоценозу, формулювання рекомендацій щодо покращення екологічного стану ґрунтів різних екосистем.

Для здійснення фонового мікробіологічного моніторингу ґрунту використовуються екосистеми, які не зазнали прямого антропогенного впливу.

Таблиця 5.1 – Перелік показників що рекомендуються для визначення при проведенні мікробіологічного моніторингу ґрунтів різних екосистем

Процес, що контролюється	Показник
Зміна чисельності основних груп ґрунтових мікроорганізмів.	Кількість КУО на 1г. аб. сух. ґрунту.
Зміна біомаси ґрунтових мікроорганізмів	Вміст вуглецю мікробної біомаси мкг/г ґрунту
Накопичення метаболітів мікроорганізмів	фітотоксичних ґрунтових % інгібування ростових процесів рослин.
Зміна стійкості екосистем	Оцінка різноманітності ґрунтового угруповання за допомогою індексів Сімпсона і Шенона $D = 1/\sum P_i^2$ $H = \sum P_i \times \ln P_i$
Дихання ґрунту	Інтенсивність виділення CO ₂ мг/кг ґрунту за добу
Азотфіксуюча активність ґрунту	Інтенсивність виділення етилену C ₂ H ₄ мкмоль/г ґрунту за 1 добу
Фосфатазна активність ґрунту	мг P ₂ O ₅ / 100г ґрунту за 30 хв
Каталазна активність ґрунту	см ³ O ₂ /гр ґрунту

Прорив у дослідженнях фізіологічного розмаїття ґрунтових мікроорганізмів пов'язують із методами, що ґрунтуються на оцінці спектра споживання мікроорганізмами вуглецевовмісних субстратів (мультисубстратне

тестування). Вони дають можливість оцінити фізіологічний потенціал ґрунтових мікроорганізмів, в тому числі і за впливу біопрепаратів.

Показники таксономічного чи функціонального розмаїття мікроорганізмів, отримані методом фізіологічного профілювання спільнот мікробіому (Community-level physiological profiling, CLPP), можуть бути використані як зручні та досить інформативні індикатори відповідних змін.

У 1991 році для оцінки функціонального різноманіття вчені Гарланд та Міллс (J.L. Garland, A.L. Mills) запропонували використовувати систему BIOLOG. Вони також розробили основні підходи до інтерпретації отриманих спектрів споживання вуглецевмісних субстратів методами багатовимірної статистики (форма аналізу, коли охоплюється одночасне спостереження більше ніж однієї змінної).

Технологія BIOTREX була розроблена в Японії для оцінки біорізноманіття ґрунтів та їх біологічної активності. Вона допомагає вивчати вплив різних продуктів на ефективність вирощування рослин. За останні 10 років інноваційна система з використанням мікропланшетів із 31 джерелом вуглецю та азоту завоювала довіру фермерів по всьому світу.

Завдяки спеціальним планшетам визначається активність та різноманітність ґрунтових мікроорганізмів (індекс Biotrex), що сигналізує про поточний стан ґрунту та дозволяє його скоригувати за допомогою мікробіологічних засобів. Моніторинг мікробних спільнот та активності ґрунту може бути потужним інструментом для розуміння дії біопрепаратів.

? *Питання для самоконтролю*

1. Як здійснюється моніторинг рухомого азоту у ґрунті?
2. Як визначити потенціал біологічного азоту у ґрунті?
3. Як здійснюється моніторинг рухомого фосфору у ґрунті?
4. Яку роль відіграють мікроорганізми у формуванні агроландшафтів?
5. Які завдання вирішує мікробіологічний моніторинг?
6. Які показники визначаються при проведенні мікробіологічного моніторингу ґрунтів агроландшафтів?

✍ Практичні завдання

Завдання 1. Розробити систему спостережень за забрудненням ґрунтів важкими металами.

Завдання 2. Визначити зону можливого забруднення ґрунтів важкими металами та кількість ключових ділянок для ведення спостережень на основі вихідних даних.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані

Варіант	Румби, %							
	Пн	ПнСх	Сх	Пд Сх	Пд	ПдЗх	Зх	Пн Зх
1	8	6	9	16	11	11	24	15
2	22	10	13	7	9	18	16	5
3	12	9	14	10	17	9	13	16
4	4	23	15	5	7	21	12	13
5	11	3	14	14	25	7	19	7
6	7	11	23	6	5	19	12	17
7	5	18	9	18	21	4	14	11
8	22	17	5	9	10	10	15	12
9	13	9	23	16	6	18	8	7
10	17	7	9	4	22	20	11	10
11	6	10	6	13	24	18	15	8
12	15	24	11	9	16	11	8	6
13	4	20	17	11	9	22	10	7
14	9	8	7	6	13	16	18	23
15	10	9	15	12	22	5	17	10
16	11	5	14	18	4	9	21	18
17	5	22	16	18	10	13	9	7
18	12	19	5	11	23	7	17	6
19	7	11	14	3	14	25	19	3
20	16	12	14	9	17	10	13	9

Зробіть висновки щодо можливого забруднення ґрунтів важкими металами та кількість ключових ділянок для ведення спостережень.


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 поведження 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 $3,5 \times 10^6$ т свинцю, з яких $3,1 \times 10^5$ 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 згорання 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

грунту (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 хлороорганічними 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 (попередньо 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 аналізу 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 небезпечно 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.

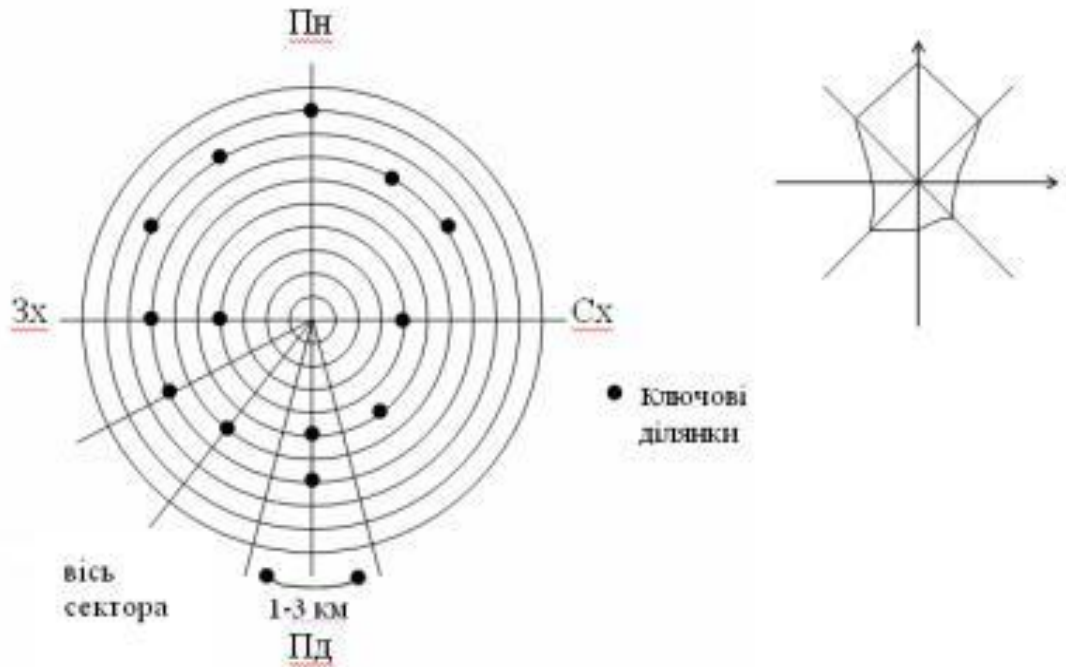


Рисунок 6.1 – Схема розміщення ключових ділянок для визначення вмісту в ґрунті важких металів

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

грунтовий 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 склад, 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 труднощі 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 слабо 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 Ca^{2+} , 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 нетривалій 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 мало придатні 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, піролітична маспектроскопія), 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 агроєкосистеми.

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 Γ (%) знижується коефіцієнт агрегованості чорноземних і сірих лісових ґрунтів K_a :

$$K_a = 13,04 \times \Gamma - 5,6 \quad r = 0,9 \pm 0,04, \quad (6.1)$$

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 (I_B , мм/год):

$$I_B = 0,024 \times K_a - 0,33 \quad \text{при } 14 < K_a < 77\% \quad (6.2)$$

Ерозійні процеси сприяють збільшенню вмісту неагрегованих ґрунтових часток, що призводить відповідно до другого закону термодинаміки до збільшення ентропії ґрунту та зниження стійкості агроєкосистеми. 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 E_{\min} віднесена до максимальної E_{\max}) відповідає «золотому перерізу» і дорівнює 0,382.

$$\frac{E_{\min}}{E_{\max}} = 0,382 \quad (6.3)$$

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, рілля можна розглядати як дезорганізуючий чинник, тобто зі збільшенням розораності території її ентропія зростає.

Наприклад, залежність площі еродованих чорноземних і сірих лісових ґрунтів (F_e) від частки площі ріллі на схилі понад 2^0 ($F_{1>2}$) виражається рівнянням:

$$F_e = 0,509 * F_{1>2} + 4,1 \quad r = 0,77 \pm 0,05 \quad (6.4)$$

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, %	Розораність сільськогосподарських 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 H (мм) і змиву ґрунту M (т/га) дорівнювали (або були нижчими) допустимому стоку dH (мм) і допустимим ерозійним втратам ґрунту dM (т/га рік):

$$\frac{H_p \times f_n \times H_l \times f_l + H_c \times f_c}{f_p + f_l + f_c} \leq dH \quad (6.5)$$

$$\frac{M_p \times f_n \times M_l \times f_l + M_c \times f_c}{f_p + f_l + f_c} \leq dM \quad (6.6)$$

де f_p, f_l, f_c – відповідно площа ріллі, лісу й лісонасаджень, цілини, % або га;

H_p, H_l, H_c – середньобагаторічний стік із цих угідь, мм;

M_p, M_l, M_c – 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?

Практичні завдання

Завдання 1. Встановити нормативи оптимального співвідношення природно-сільськогосподарських угідь у фермерському господарстві на основі вихідних даних (табл. 6.4-6.6).

Таблиця 6.4 – Структура земельного фонду фермерського господарства на чорноземі сильновилугованому малогумусному важкосуглинковому

Види угідь		Площа, f	
		га	%
Рілля	слабозмита	461	75,1
	середньозмита	34	5,5
Ліс і лісові насадження		3	0,5
Цілина		116	18,9

Таблиця 6.5 – Допустимий стік і допустимі ерозійні втрати ґрунту

Ступінь змитості ґрунту	Допустимий стік, мм	Допустимий змив, т/га рік
Слабозмитий	30	3,5
Середньозмитий	21	2,4

Таблиця 6.6 – Середньобагаторічний стік і змив ґрунту

Види угідь	Стік, мм	Змив ґрунту, т/га
Рілля слабозмита	40	5,5
Рілля середньозмита	43	6,2
Ліс і лісові насадження	4,5	0,01
Цілина	33	1,2

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Агроландшафт – це:

а) антропогенний ландшафт, основу якого становлять агроценози, тобто сільськогосподарські угіддя (поля, сіножаті, пасовища) та штучні лісові насадження, зокрема лісосмуги й інші захисні насадження;

б) система, створена під впливом природних чинників;

в) система, створена під впливом природних та кліматичних чинників і діяльності людини;

г) антропогенні ландшафти з переважанням в їх біотичній частини спільнот живих організмів, штучно сформованих людиною, що замінили природні фіто- і зооценози на більшій частині території.

2. Базовим компонентом агроландшафту є:

а) біота;

б) природні води;

в) засоби захисту рослин;

г) ґрунтовий покрив.

3. Укажіть типи агроландшафтів:

а) польові;

б) садові;

в) змішані садово-польові;

г) лучно-пасовищні;

д) ландшафти зі зміненою літогенною основою;

е) зрошувальні й осушувальні ландшафти;

ж) усі відповіді правильні.

4. Які основні причини розвитку екологічної кризи в Україні?

а) недосконалість законів про охорону природи;

б) низька екологічна культура населення;

в) надмірна хімізація сільського господарства та індустріалізація;

г) усі відповіді правильні.

5. Екологічну стійкість агроландшафту визначають:

а) оптимальний водний режим, управління його витратними статтями, особливо поверхневим стоком під час екстремальних періодів, водовіддача;

б) стабільна родючість ґрунтів, попередження їх деградації, насамперед процесів ерозії;

в) оптимальна структура земельних угідь;

г) створення умов для існування різноманітної флори та фауни.

д) усі відповіді правильні.

6. Укажіть чинники порушення стабільності агроландшафту:

а) висока розораність ландшафтів, що зумовлює не тільки прискорення ерозії, але й їх деградацію, порушення стану водних ресурсів;

б) ерозійні процеси, які руйнують не тільки ґрунти, а й довкілля загалом;

- в) нераціональне використання схилених земель, що прилягають до гідрографічної мережі;
- г) від'ємний баланс органічної речовини та біогенних елементів;
- д) техногенне надходження ксенобіотиків;
- е) понаднормове урбанізаційне й рекреаційне навантаження;
- ж) усі відповіді правильні.

7. У своїх працях академік В.В. Медведєв зі співробітниками (ННЦ «Інститут агрохімії і ґрунтознавства ім. О.Н. Соколовського») виділяють такі типи деградації ґрунтів:

- а) фізичну;
- б) хімічну;
- в) фізико-хімічну;
- г) біологічну;
- д) усі відповіді правильні.

8. Чим визначається біологічна деградація ґрунтів?

- а) ущільненням ґрунту;
- б) втратою гумусу та руйнуванням структури ґрунту;
- в) зміною режиму вологості;
- г) комплексом процесів, які призводять до істотної зміни мікробіологічного пулу чи перевтоми ґрунту.

9. Укажіть ідеальний варіант співвідношення угідь, запропонований В.В. Докучаєвим:

- а) коли на 1 га ріллі припадає 1,6 га природних кормових і 7,6 га лісових угідь;
- б) коли на 1 га ріллі припадає 3,5 га природних кормових і 3,5 га лісових угідь;
- в) коли на 1 га ріллі припадає 1,6 га природних кормових і 3,5 га лісових угідь.

10. Агрохімічний моніторинг – визначення потенційних і фактичних рівнів родючості ґрунтів за показниками:

- а) фізичного стану;
- б) хімічного стану;
- в) фізико-хімічного стану;
- г) біотичного стану;
- д) біохімічного стану;
- е) усі відповіді правильні.

11. Спостереження, вивчення прогнозу забруднення та самоочищення, визначення екологічного стану й реакцій водних екосистем, що входять до складу агроландшафтів на різні антропогенні чинники, пов'язані із сільськогосподарською діяльністю, – це:

- а) гідроекологічний моніторинг;
- б) фітобіотичний моніторинг;
- в) регіональний моніторинг;
- г) біотичний моніторинг.

12. Агроекологічний моніторинг має бути:

- а) комплексним, неперервним і системним;
- б) комплексним;
- в) неперервним і системним;
- г) системним.

13. Науково-інформаційна система спостережень, оцінки і прогнозу будь-яких змін у біоті, зумовлених природними й антропогенними чинниками, зокрема розвитком агропромислового виробництва, – це:

- а) біотичний моніторинг;
- б) локальний моніторинг;
- в) регіональний моніторинг.

14. Укажіть відсоток розорюваності сільськогосподарських угідь в Україні?

- а) 80%;
- б) 30%;
- в) 55%;
- г) 68%.

15. Агроєкологічний моніторинг складається з комплексу окремих компонентів моніторингу з такими напрямками та параметрами:

- а) моніторинг земельної власності та землекористування;
- б) фітобіотичний моніторинг;
- в) фітосанітарний моніторинг;
- г) мікробіологічний моніторинг;
- д) агрохімічний моніторинг;
- е) гідроекологічний моніторинг;
- ж) лісоекологічний моніторинг;
- з) біологічний моніторинг;
- и) усі відповіді правильні.

16. Популяційно-генетичний моніторинг – це:

- а) оцінка потенційної небезпеки змін генетичної різноманітності сортів і порід;
- б) видовий склад рослинних і тваринних організмів;
- в) оцінка впливу генетично-модифікованих організмів на формування збалансованих агроєкосистем.

17. Дефляція – це:

- а) ущільнення ґрунту;
- б) втрата гумусу;
- в) вітрова ерозія, процес розвіювання ґрунтів та гірських порід вітром;
- г) руйнування структури ґрунту.

18. Дегуміфікація – це:

- а) найбільша концентрація поживних речовин;
- б) рівень забруднення ґрунтів, природних вод хімічними сполуками;
- в) процес поступового зниження вмісту гумусу у ґрунтах, що

спостерігається з початку сільськогосподарського використання ґрунтів.

19. Процес розкладу органічних решток до вуглекислоти, води та простих солей називається:

- а) гуміфікацією;
- б) гуміфіксацією;
- в) мінералізацією;
- г) конденсацією.

20. Гумус – це:

- а) органічна складова частина ґрунту, яка утворюється у процесі біохімічного розкладу рослинних і тваринних решток та формує його родючість;
- б) мінеральна складова частина ґрунту;
- в) хімічна складова частина ґрунту.

21. Укажіть причину вторинного засолювання ґрунтів:

- а) зрошування з порушенням водного балансу;
- б) висока температура повітря;
- в) ґрунтові води.

22. Основні напрями боротьби із деградаційними процесами:

- а) профілактичний;
- б) оперативний;
- в) регенеративний;
- г) профілактичний, оперативний, регенеративний.

23. Регенеративний напрям боротьби з деградаційними процесами – заходи відтворення деградованих і порушених земель:

- а) розсолення вторинно-засолених ґрунтів;
- б) консервація та рекультивація земель;
- в) детоксикація забруднених ґрунтів;
- г) виведення малопродуктивних земель із ріллі, консервація та рекультивація земель, детоксикація забруднених ґрунтів, розсолення вторинно-засолених ґрунтів;
- д) виведення малопродуктивних земель із ріллі.

24. Передкризовий стан земельних ресурсів – еродованість ґрунтів зумовлює зниження родючості:

- а) понад 5%.
- б) понад 10%;
- в) понад 20%;
- г) понад 30%;
- д) понад 40%;
- е) понад 50%.

25. Кризовий стан земельних ресурсів діагностується:

- а) забрудненням ксенобіотиками;
- б) розораністю ґрунтів;
- в) стабільною родючістю ґрунтів;
- г) рівнем зниження родючості ґрунтів, погіршенням водного режиму,

забрудненням, істотним порушенням балансу елементів, іншими негативними явищами під впливом ерозії земель.

26. Укажіть види ерозії ґрунтів:

- а) біологічна;
- б) повітряна, водна;
- в) механічна.

27. Ґрунт як головний засіб сільськогосподарського виробництва характеризується такими особливостями:

- а) родючістю, обмеженістю у просторі, незамінністю;
- б) різноманітністю, обмеженістю у просторі, родючістю, незамінністю;
- в) розораністю, обмеженістю у просторі, родючістю, незамінністю.

28. Наукою, що вивчає ґрунт як головний засіб сільськогосподарського виробництва, є:

- а) меліоративне ґрунтознавство;
- б) генетичне ґрунтознавство;
- в) агрономічне ґрунтознавство;
- г) екологічне ґрунтознавство.

29. Найвищим умістом гумусу (при однаковому гранулометричному складі) характеризується:

- а) сірозем;
- б) сірі лісові ґрунти;
- в) чорнозем південний;
- г) чорнозем типовий;
- д) чорнозем звичайний.

30. За допомогою окомірного методу обліку забур'яненості посівів встановлюють:

- а) відносну кількість бур'янів на одиниці площі посіву;
- б) видовий склад бур'янистої рослинності на одиниці площі посіву;
- в) середній бал забур'яненості поля;
- г) сумарний бал забур'яненості поля.

31. За допомогою кількісного методу обліку забур'яненості посівів встановлюють:

- а) кількість бур'янів на 1 м²;
- б) кількісний та видовий склад бур'янів;
- в) загальну кількість малорічних бур'янів у межах рамки;
- г) кількість одно- і дводольних рослин.

32. За допомогою кількісно-вагового методу обліку забур'яненості посівів визначають:

- а) загальну кількість бур'янистої рослинності на 1 м²;
- б) масу бур'янів на 1 м²;
- в) кількість, масу та видовий склад бур'янистої рослинності на 1 м²;
- г) усі відповіді правильні.

33. У які строки визначають засміченість ґрунту насінням бур'янів?

- а) щороку 2 рази за вегетацію культурних рослин;
- б) щороку після збирання врожаю;
- в) щороку в певні фази розвитку культурних рослин;
- г) щороку після основного обробітку ґрунту.

34. Рекультивация земель – це:

- а) комплекс інженерно-технічних, меліоративних, агротехнічних, лісогосподарських та інших робіт, які виконуються на порушених землях із метою відновлення їх продуктивності, а також поліпшення умов довкілля;
- б) комплекс робіт, спрямованих на відновлення продуктивності земель, а також поліпшення умов довкілля;
- в) сутність людської діяльності, що спрямована на відновлення культурного ландшафту.

35. Укажіть види протиерозійних заходів:

- а) організаційно-господарські, агротехнічні, лісомеліоративні;
- б) організаційно-господарські, агролісомеліоративні, лісотехнічні;
- в) організаційно-господарські, екологомеліоративні, лісогосподарські.

36. Екотоксикологічний моніторинг – це:

- а) рівень забруднення ґрунтів, природних вод хімічними сполуками I класу;
- б) оцінка небезпечності забруднення за еколого-токсикологічними критеріями;
- в) рівень забруднення ґрунтів, природних вод, біоти хімічними сполуками I-IV класу токсичності; встановлення джерел забруднення; оцінка небезпечності забруднення за еколого-токсикологічними критеріями;
- г) рівень забруднення ґрунтів, природних вод хімічними сполуками II -III класу;

37. Моніторинг біотичний – це:

- а) система спостережень за станом біорізноманіття;
- б) система спостережень за станом навколишнього середовища;
- в) система спостережень за станом біотичної складової агроєкосистеми, її реакцією на антропогенні дії, відхилення від нормального природного стану на різних рівнях (від молекулярного до угруповань).

38. Моніторинг землекористування – це:

- а) структура земельних угідь: ступінь розораності, частка лісовкритих площ, частка територій та акваторій, що підлягають особливій охороні, співвідношення між орними та еколого-стабілізуючими типами угідь (ліси, луки й пасовища), екологічна стійкість, ураженість ерозійними процесами та іншими деградаційними процесами;
- б) ступінь розораності;
- в) ураженість ерозійними процесами та іншими деградаційними процесами;

39. Оцінка стану природних систем – це:

а) процес інтерпретації даних польових, лабораторних і дистанційних вимірювань станів деякої природної або природно-техногенної територіальної системи;

б) процес інтерпретації даних польових, лабораторних і дистанційних вимірювань станів деякої природної або природно-техногенної територіальної системи (повітряна, водна);

в) процес інтерпретації даних польових, лабораторних і дистанційних вимірювань станів деякої природної або природно-техногенної територіальної системи (механічна).

40. Токсичні речовини, їх сполуки або суміші речовин хімічного чи біологічного походження, призначені для знищення, регуляції та припинення розвитку шкідливих організмів, – це:

- а) пестициди;
- б) нітрати;
- в) радіонукліди;
- г) важкі метали.

41. Змив верхнього шару ґрунту струменями дощових і талих вод, що призводить до поступового зниження потужності верхнього гумусового шару ґрунту, – це:

- а) вітрова ерозія;
- б) водна ерозія;
- в) площинна ерозія;
- г) лінійна ерозія.

42. Порушені землі – це:

а) землі, що втратили свою господарську та екологічну цінність через порушення ґрунтового покриву внаслідок виробничої діяльності людини або дії природних явищ;

б) землі, що втратили свою господарську та екологічну цінність через порушення ґрунтового покриву внаслідок вітрової ерозії;

в) землі, що втратили свою господарську та екологічну цінність через порушення ґрунтового покриву внаслідок водної ерозії;

г) землі, що втратили свою господарську та екологічну цінність через забруднення ґрунтів, природних вод, біоти хімічними сполуками.

43. Протиерозійні заходи – це:

а) це заходи, спрямовані на запобігання водній та вітровій ерозії ґрунту, регулювання поверхневого стоку, ліквідацію інших негативних природних і техногенних чинників;

б) заходи, спрямовані на запобігання вітровій ерозії ґрунту;

в) заходи, спрямовані на запобігання водній ерозії ґрунту;

г) заходи, спрямовані на регулювання поверхневого стоку;

д) заходи, спрямовані на ліквідацію негативних природних і техногенних чинників.

44. Радіоекологічний моніторинг – це:

- а) забруднення ґрунтів, природних вод, біоти, сільськогосподарської продукції радіонуклідами (Cs-137, Sr-90 та ін.);
- б) визначення вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції;
- в) визначення критичності агроecosystem відносно радіоактивного забруднення.

45. Родючість ґрунту – це:

- а) здатність ґрунту задовольняти потреби рослин в елементах живлення;
- б) основний показник якості ґрунту;
- в) здатність ґрунту задовольняти потреби рослин в елементах живлення, воді, повітрі та теплі в достатніх кількостях для їх нормального розвитку, які в сукупності є основним показником якості ґрунту;
- г) поживний режим ґрунту.

46. Спостереження за станом якості природного середовища, головним чином за ступенем забруднення довкілля шкідливими речовинами та їх впливом на людину, тваринний і рослинний світ, – це:

- а) санітарно-токсикологічний моніторинг;
- б) агрохімічний моніторинг;
- в) феромонний моніторинг;
- г) ґрунтовий моніторинг.

47. Точки (пункти) моніторингових спостережень – це:

- а) пункти вимірювань або відбору зразків (точка відбору проб ґрунту, джерело, колодязь, свердловина тощо), які розташовані систематично або у формі поперечників (ряду точок);
- б) заходи, спрямовані на запобігання вітровій ерозії ґрунту;
- в) заходи, спрямовані на запобігання водній ерозії ґрунту;
- г) точка відбору проб ґрунту.

48. Феромонний моніторинг – це:

- а) система спостереження за динамікою чисельності популяції комах за допомогою феромонних пасток;
- б) система спостереження за динамікою чисельності популяції комах за допомогою технічних засобів;
- в) дії на поведінкові реакції інших особин свого виду.
- г) біологічно активна речовина.

49. Що визначає фітосанітарний моніторинг?

- а) кількість або статус шкідливих організмів, які занесені або можуть бути потенційно занесені на територію регіону;
- б) захист біоти агроландшафтів від шкідливих організмів;
- в) комплекс заходів щодо захисту рослин.

50. Від чого найбільше потерпають сільськогосподарські угіддя Південної України?

- а) від водної ерозії;
- б) від засолення ґрунтів;
- в) від осушення земель;
- г) від транскордонних забруднень повітря.

ГЛОСАРІЙ

Агроландшафт – антропогенний ландшафт, основу якого становлять агроценози, тобто сільськогосподарські угіддя (поля, сіножаті, пасовища) та штучні лісові насадження, зокрема лісосмуги й інші захисні насадження.

Агроекологічний моніторинг – загальнодержавна система спостережень та контролю за станом і рівнем забруднення агроєкосистем у процесі сільськогосподарської діяльності. Він є однією з найважливіших складових біосферного моніторингу в масштабі континенту та планети загалом.

Агрохімічний моніторинг – потенційний і фактичний контроль рівня родючості ґрунтів за фізико-хімічними, біологічними, біохімічними та іншими показниками, балансу гумусу, основних біогенних елементів та енергії, інтенсивності балансу.

Агрохімічне обстеження – обов'язкове суцільне обстеження сільськогосподарських угідь із метою державного контролю за зміною показників родючості та забрудненням ґрунтів.

Агрохімічний паспорт земельної ділянки (поля) – документ, що містить дані щодо агрохімічної характеристики ґрунтів і стану їх забруднення токсичними речовинами та радіонуклідами.

Біологічний моніторинг – спостереження за станом біотичної (живої) складової біосфери; її реакцією на антропогенні впливи, відхиленням від нормального, природного стану на різних рівнях: молекулярному, клітинному, рівні організму, популяції та угруповання.

Біокоридор – видовжений ареал території, представлений геотопами з природною рослинністю, вздовж якого відбуваються біотичні міграції між окремими біоцентрами. Забезпечення умов міграції видів – основна функція біокоридорів.

Біотичне забруднення пов'язане із потраплянням у довкілля і розмноження в природному середовищі небажаних для людини, у т.ч. отруйних організмів.

Біотичний моніторинг – опис і визначення агробіорізноманіття та аналіз його екологічного стану: реліктових, вразливих, ендемічних, зникаючих, рідкісних представників рослинного і тваринного світу, ареали яких можуть знаходитись або знаходяться на територіях провадження сільськогосподарської діяльності

Біоцентр – це група суміжних геотопів з природною рослинністю, які виконують функції збереження генофонду ландшафту, оптимізуючого впливу на прилеглі геофони з культурною рослинністю (рілля).

Вишукувальні полігони – полігони, які слугують для короточасних (на період вишукувань) досліджень і режимних спостережень у системі моніторингу, що створюються на початкових стадіях формування спостережної

мережі моніторингу, на стадіях попередніх досліджень, перед проектними вишукуваннями.

Гідроекологічний моніторинг – оцінка, спостереження та вивчення процесів забруднення й самоочищення, аналіз екологічного стану та реакції водних ландшафтних комплексів, що належать до сільськогосподарських систем, на різні антропогенні чинники, пов'язані з діяльністю сільських господарств; здійснення прогнозу та визначення динаміки екологічних змін водних комплексів на основі розробки та використання принципів і підходів моделювання відповідно до різних видів, типів і джерел забруднення, зокрема ацидифікації, евтрофікації, термофікації, токсифікації, забруднення радіонуклідами), структури й напрямів використання агроландшафту.

Геоморфологічна карта – плоска графічна модель рельєфу території, що відображає обриси, розташування, походження, вік і розвиток форм рельєфу.

Геохімічна аномалія – ділянка території, в межах якої хоч би в одному з природних тіл, що складають його, статистичні параметри розподілу хімічних елементів достовірно відрізняються від геохімічного фону.

Глобальний моніторинг – спостереження та контроль за планетарними процесами і явищами в біосфері, в тому числі й за наслідками антропогенного впливу на природу.

Гранично допустима концентрація забруднювальних речовин – максимально допустима кількість забруднювальних речовин у ґрунтах, яка не спричиняє негативних екологічних наслідків для їх родючості, загального стану довкілля, якості сільськогосподарської продукції та здоров'я людини.

Ґрунт – природно-історичне органо-мінеральне тіло, що утворилося на поверхні земної кори та є осередком найбільшої концентрації поживних речовин, основою життя та розвитку людства завдяки найціннішій своїй властивості – родючості.

Ґумус – органічна складова частина ґрунту, яка утворюється у процесі біохімічного розкладу рослинних і тваринних решток та формує його родючість.

Ґрунтова карта – узагальнене зображення ґрунтового покриву, що є результатом генералізації, яка полягає у виділенні основних природних закономірностей зміни ґрунтів у просторі.

Ґрунтова провінція – таксономічна одиниця у ґрунтово-географічному районуванні, яка позначає ґрунти, однорідні за складом і структурою покриву, визначає сукупність чинників ґрунтоутворення та можливість господарського використання ґрунтів території.

Ґрунтове обстеження – визначення генетичної будови та властивостей ґрунтів, структури ґрунтового покриву.

Ґрунтоутворення – екологічний процес формування ґрунтів у результаті взаємодії організмів і продуктів їхньої життєдіяльності з гірськими породами.

Деградація ґрунтів – поступове погіршення властивостей ґрунтів, яке викликане змінами умов ґрунтоутворення в результаті природних або антропогенних причин, що супроводжується зменшенням вмісту гумусу, поживних елементів, руйнуванням структури та зниженням рівня родючості ґрунтів.

Деградація земель – природне або антропогенне спрощення ландшафту, погіршення стану, складу, корисних властивостей і функцій земель та інших органічно пов'язаних із землею природних компонентів.

Дегуміфікація – це процес поступового зниження вмісту гумусу у ґрунтах, що спостерігається з початку сільськогосподарського використання ґрунтів.

Деградовані ґрунти – ґрунти, що втратили або істотно зменшили свою родючість або відчутно погіршили окремі свої властивості під впливом несприятливих природних або антропогенних чинників.

Детальний полігон – пункт отримання інформації, який влаштовується на типових ділянках другого порядку з метою вивчення базових процесів, у зонах несприятливих природних явищ та в місцях інтенсивного техногенного впливу.

Детальний спостережний полігон – пункт отримання інформації, який призначений для вирішення різноманітних вузьких завдань, для збору первинної інформації на ділянках, умови яких відповідають опорному полігону.

Дефляція – вітрова ерозія, процес розвіювання ґрунтів і гірських порід вітром.

Дослідно-методичні полігони – це полігони, на яких ведеться перевірка і відпрацьовування різних методів контролю і збору первинної інформації про стан земель або природних територіальних систем, проводяться натурні експерименти, відпрацьовуються моделі.

Екологічний моніторинг – комплексна система спостереження, оцінювання та прогнозування змін стану навколишнього середовища внаслідок антропогенного впливу.

Екотоксикологічний моніторинг – рівень забруднення ґрунтів, природних вод, біоти хімічними сполуками I-IV класу токсичності; встановлення джерел забруднення; оцінка небезпечності забруднення за еколого-токсикологічними критеріями.

Ерозія – руйнування ґрунтового покриву, що супроводжується перенесенням і відкладанням дрібнозему під впливом потоків води (водна ерозія) та вітру (вітрова ерозія).

Загальний (стандартний або імпактний) моніторинг – моніторинг антропогенного впливу на довкілля, який здійснюється шляхом проведення систематичних спостережень за джерелами забруднення та якісним станом навколишнього середовища в місцях впливу цих джерел із метою визначення

фактичного екологічного стану довкілля, вироблення та прийняття рішень з ефективного використання, охорони й відтворення природних ресурсів.

Земельні ресурси – сукупний природний ресурс поверхні суші як просторового базису розселення та господарської діяльності, основний засіб виробництва в сільському та лісовому господарстві.

Карантинний моніторинг – спрямований запобігати привнесенню і розповсюдженню шкідливих, патогенних організмів та здійснення обов'язкового контролю за ними з метою повної або часткової ліквідації або локалізації.

Кларк елемента – це число (у % або г/кг), що виражає середній його вміст у літосфері (чи гідросфері, Землі загалом тощо) стосовно загальної її маси.

Консервація земель – припинення господарського використання на визначений термін і залуження або залісення деградованих і малопродуктивних земель, господарське використання яких є екологічно та економічно неефективним, а також техногенно забруднених земельних ділянок, на яких неможливо одержувати екологічно чисту продукцію, а перебування людей на цих земельних ділянках є небезпечним для їх здоров'я.

Ландшафт – географічний комплекс, у якому рельєф, клімат, води, ґрунти та живі організми перебувають у складній взаємодії, взаємно обумовлені та утворюють єдину нерозривну систему.

Ландшафтні смуги – це група геотопів, які мають спільне положення відносно меж зміни інтенсивності горизонтально-речовинних потоків.

Лінійна ерозія – розмив ґрунту в глибину концентрованим струменем води.

Лісоекологічний моніторинг – вивчення, спостереження, аналіз процесів забруднення та оцінка екологічного стану й реакції лісоаграрних комплексів щодо впливу низки антропогенних і природних чинників, що встановлюють екологічний стан і біопродуктивність лісових насаджень та здійснення заходів щодо збільшення їхньої біопродуктивності.

Локальний моніторинг – система спостереження на територіях, що є нижчими за регіональний рівень: території окремих об'єктів (підприємств, населених пунктів, меліоративних систем) і географічних систем різного рангу.

Мікробіологічний моніторинг – функційна структура мікробних ценозів ґрунту; прогнозування стратегічної спрямованості мікробіологічних процесів у ризосфері рослин, що зумовлюють деградацію, відновлення або ступінь стійкості ґрунтового комплексу при застосуванні різних агрозаходів; визначення мікробіологічних показників для конструювання моделей збалансованих агроєкосистем та їх формування.

Моніторинг – механізм постійних спостережень за станом навколишнього природного середовища, збирання, обробки, передавання, збереження та аналізу відповідної інформації, прогнозування змін стану

навколишнього середовища та розробка науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень

Моніторинг земель – система спостереження за станом земель із метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, попередження та ліквідації наслідків негативних процесів.

Моніторинговий пост або стаціонар – пункт отримання інформації третього рівня, який забезпечує одну групу спостережень із метою контролю базових показників, з урахуванням техногенного забруднення, а також природного фону.

Моніторинг абіотичний – система спостережень, що включає оцінку, прогноз антропогенних змін стану абіотичних складових агроєкосистеми, відповідних реакцій на антропогенну дію.

Моніторинг біотичний – система спостережень за станом біотичної складової агроєкосистеми, її реакцією на антропогенні дії, відхилення від нормального природного стану на різних рівнях (від молекулярного до угруповань).

Моніторинг землекористування – структура земельних угідь: ступінь розораності, частка лісовкритих площ, частка територій та акваторій, що підлягають особливій охороні, співвідношення між орними та еколого-стабілізуючими типами угідь (ліси, луки й пасовища), екологічна стійкість, ураженість ерозійними процесами та іншими деградаційними процесами.

Національний моніторинг – національні (державні) системи спостереження за станом і змінами навколишнього природного середовища в межах територій, що знаходяться під національною юрисдикцією держав.

Оперативний (кризовий) моніторинг – моніторинг, що здійснюється в зонах підвищеного екологічного ризику, за окремими об'єктами та джерелами такого ризику, в зонах аварій і надзвичайних ситуацій із негативними екологічними наслідками, під час виникнення несанкціонованих або аварійних забруднень і стихійних лих із метою оперативного реагування на кризові ситуації, розроблення заходів щодо ліквідації їх негативних наслідків, оповіщення та захисту населення, екосистем і господарських об'єктів.

Опорний полігон – пункт отримання інформації, який охоплює частину району або район повністю і призначений для вимірювання з певною періодичністю базових показників стану земельних ресурсів, які описують район в цілому.

Охорона ґрунтів – система правових, організаційних, технологічних та інших заходів, спрямованих на збереження і відтворення родючості та цілісності ґрунтів, їх захист від деградації, ведення сільськогосподарського виробництва з дотриманням ґрунтозахисних технологій та забезпеченням екологічної безпеки довкілля.

Оцінка стану природних систем – процес інтерпретації даних польових, лабораторних і дистанційних вимірювань станів деякої природної або природно-техногенної територіальної системи.

Пестициди – токсичні речовини, їх сполуки або суміші речовин хімічного чи біологічного походження, призначені для знищення, регуляції та припинення розвитку шкідливих організмів, унаслідок діяльності яких вражаються рослини, тварини, люди і завдається шкода матеріальним цінностям, а також гризунів, бур'янів, деревної, чагарникової рослинності, шкідливих видів риб.

Площинна ерозія – змив верхнього шару ґрунту струменями дощових і талих вод, що призводить до поступового зниження потужності верхнього гумусового шару ґрунту.

Популяційно-генетичний моніторинг – аналіз та оцінка можливої або потенційної біологічної небезпеки змін генетичної різноманітності сортів і порід; аналіз і визначення впливу ГМО (генетично-модифікованих організмів) на утворення та функціонування збалансованих агроекологічних систем.

Порушені землі – землі, що втратили свою господарську й екологічну цінність через порушення ґрунтового покриву внаслідок виробничої діяльності людини або дії природних явищ.

Протиерозійні заходи – заходи, спрямовані на запобігання водній та вітровій ерозії ґрунту, регулювання поверхневого стоку, ліквідацію інших негативних природних і техногенних чинників.

Радіоекологічний моніторинг – забруднення ґрунтів, природних вод, біоти, сільськогосподарської продукції радіонуклідами (Cs-137, Sr-90 та ін.); визначення критичності агроecosystem відносно радіоактивного забруднення.

Регіональний моніторинг – система спостереження в межах певної географічної зони, адміністративно-територіальної одиниці, на територіях економічних і природних регіонів, що характеризуються єдністю фізико-географічних, екологічних та економічних умов і де природні процеси та явища можуть відрізнятися за природними чи антропогенними чинниками від базового фону, характерного для всієї біосфери.

Родючість ґрунту – здатність ґрунту задовольняти потреби рослин в елементах живлення, воді, повітрі й теплі в достатніх кількостях для їх нормального розвитку, які в сукупності є основним показником якості ґрунту.

Сівозміна – це науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур, а в разі необхідності й пару, в часі та на території господарства.

Структура посівних площ – співвідношення між площами посіву різних сільськогосподарських культур і парів у сівозміні, виражене у відсотках до її загальної площі.

Ступінь пошкодженості рослин – відносний показник пошкодженості рослин, виражений у балах або відсотках, що характеризує дію шкідливого організму на рослини.

Санітарно-гігієнічний моніторинг – визначення щільності забруднення ґрунтів радіонуклідами та оцінка ступеня їх міграції; наявність та обсяг важких металів (валових форм) за класом небезпеки.

Санітарно-токсикологічний моніторинг – спостереження за станом якості природного середовища, головним чином за ступенем забруднення довкілля шкідливими речовинами та їх впливом на людину, тваринний і рослинний світ.

Соціально-екологічний моніторинг – оцінка й аналіз стану та динаміки: екологічної поведінки, освіти, культури й виховання сільського населення; екологічної безпеки, санітарно-екологічних, медико-демографічних і соціально-економічних умов проживання населення в певних регіонах і районах, установлення особливостей міграційних процесів; специфіки трудових ресурсів у сільському господарстві.

Токсикологічний моніторинг – аналіз рівня забруднення рослинності, природних вод (підземних і поверхневих) та ґрунтів хімічними сполуками I–IV класів небезпеки щодо токсичності, визначення джерел, причин і видів забруднення, екологічна оцінка небезпечності забруднення за екологічними та токсикологічними параметрами, здійснення районування та на його основі формування карт щодо екотоксикологічного стану агроландшафтів.

Точки (пункти) моніторингових спостережень – пункти вимірювань або відбору зразків (точка відбору проб ґрунту, джерело, колодязь, свердловина тощо), які розташовані систематично або у формі поперечників (ряду точок).

Феромони комах – біологічно активні речовини, які комахи виділяють в навколишнє середовище для дії на поведінкові реакції інших особин свого виду.

Феромонний моніторинг – система спостереження за динамікою чисельності популяції комах за допомогою феромонних пасток.

Фізико-хімічне забруднення – це аерозольне забруднення повітря дрібнодисперсними рідкими або твердими речовинами (смог, дим).

Фітобіотичний моніторинг – аналіз і визначення фітобіотичного видового складу, проєктивне покриття рослинністю, її біомаса, екологічна, генезисна, таксономічно-типологічна, біологічна, біоморфологічна, географічна, соціологічна, ценологічна, демологічна структура фітобіоти.

Фітовірусологічний моніторинг – визначення структури та функціонування фітовірусного ценозу; вивчення і прогнозування різноманітних процесів трансформації, перетворень і змін фітовірусного стану ґрунтового покриву; формування та функціонування фітовірусного ценозу збалансованих агроекологічних систем.

Фітоіндикаційний моніторинг – достатньо типова й відома система спостережень щодо змін властивостей, анатомо-морфологічних ознак та різних параметрів, а також визначення ступеня ураження рослинних організмів агроландшафтних комплексів антропогенними й абіотичними чинниками.

Фітосанітарна діагностика – визначення видів і показників шкідливих організмів за допомогою певних методів і технічних засобів.

Фітосанітарні заходи – застосування відповідних законів, нормативно-правових актів, фітосанітарних правил, вимог і процедур комплексу заходів із захисту рослин, які мають виконувати органи державної влади та виробники рослинної продукції.

Фітосанітарний моніторинг – система спостереження та контролю за поширенням, чисельністю, інтенсивністю розвитку шкідливих організмів.

Фон – це середнє значення певного показника, характерне для недеградованих ґрунтів обраної території.

ВІКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Вольвач О.В. Агроекологічний моніторинг : конспект лекцій. Одеса : Екологія, 2011. 116 с.
2. Дударєва Г.Ф., Дударєв Д.В. Моніторинг агроландшафтів : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2020. 97 с.
3. Клименко М.О., Прищєпа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля : підручник. Київ : Видавничий центр «Академія», 2006. 360 с.
4. Крайнюков О. М. Моніторинг довкілля : підручник. Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. 176 с.
5. Лялюк О.Г. Моніторинг довкілля : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2004. 140 с.
6. Шєпак В.В. Моніторинг та охорона земель : навчальний посібник. Полтава : ПолтНТУ, 2017. 120 с.

☞ РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна :

1. Тараріко О. Г., Сиротенко О. В. Агроєкологічний супутниковий моніторинг. Київ : Аграр. наука, 2019. 204 с.
2. Редей Н.М., Горбатенко А.А. Геоінформаційний моніторинг екологічного стану локальних агроєкосистем. Київ : Гельветика, 2019. 236 с.
3. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Буланий О.В. Моніторинг якості ґрунтів : підручник . Київ : Видавництво НУБіП України, 2019. 421 с.

Додаткова :

1. Білоліпський В.О. Ґрунтоохоронна оптимізація агроландшафтів. Суми : Університетська книга, 2012. 399 с.
2. Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів. Київ : Урожай, 2005. 300 с.
3. Войнов В.Р. Моніторинг стану агроценозів аерокосмічними методами. Київ : Урожай, 2005. 392 с.
4. Гуцуляк В. М. Ландшафтознавство: теорія і практика : навчальний посібник. Чернівці: Книги-XXI, 2008. 168с.
5. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія (Геохімічний аспект) : навчальний посібник. Чернівці : ЧДУ, 2001. 82 с.
6. Гудзь В.П., Примаєк І.Д., Рибак М.Ф. та ін. Адаптивні системи землеробства : навчальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2007. 336 с.
7. Трушева С.С. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Моніторинг якості ґрунтів» студентам спеціальності 7.09010102 «Агрохімія і ґрунтознавство». Рівне : НУВГП, 2013. 22 с.
8. Мислива Т.М., Долгілевич М.Й. Основи моніторингу довкілля : навчальний посібник. Житомир : ЖДАУ, 2007. 371 с.
9. Смаглій О.Ф., Кардашов А.Т. та ін. Агроєкологія. Київ : Вища освіта, 2006. С. 625-650.

Інформаційні ресурси

1. Bio One Complete. Повнотекстова база даних публікацій в галузі біології, біохімії, екології та наук про навколишнє середовище. URL: <https://library.gov.ua/svitovi-e-resursy/3988/bio-one/>.
2. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського . Ресурси. Наукові ресурси. Моніторинг агроландшафтів. URL: <http://www.nbu.gov.ua/node/1539>
3. Сайт Наукової бібліотеки ЗНУ. Електронні книги. Екологія. URL: <https://ebooks.znu.edu.ua/index.php>.
4. Адреса дисципліни «Моніторинг агроландшафтів» СЕЗН ЗНУ. URL: <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=5489>

Навчальне видання
(українською мовою)

Притула Наталія Михайлівна

МОНІТОРИНГ АГРОЛАНДШАФТІВ
Навчальний посібник
для здобувачів ступеня вищої освіти магістра
спеціальності «101 Екологія»
освітньо-професійної програми
«Екологія та охорона навколишнього середовища»

Рецензент *Н.В. Воронова*
Відповідальний за випуск *О.Ф. Рильський*
Коректор *Н.М. Притула*