



Tempus

О. В. Вольвач

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

О. В. ВОЛЬВАЧ

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

Конспект лекцій

159173-TEMPUS-1-2009-1-DE-TEMPUS-JPCR

Одеса – 2011

Вольвач О. В.

Агроекологічний моніторинг: Конспект лекцій. – Одеса: Екологія, 2011. – 118с.

У конспекті розглянуто агроекологічний моніторинг як самостійну і самодостатню галузь екологічної науки з власним предметом дослідження. Викладені теоретичні, методичні та практичні аспекти проведення агроекологічного моніторингу з врахуванням того, що провідна роль у ньому належить моніторингу стану ґрунту як основної частини будь-якої агроекосистеми.

Розглядаються ключові питання моніторингу хімічного, радіологічного, фітопатологічного, біофізичного стану ґрунтового середовища.

Видання підготовлено в рамках проекту 159173-TEMPUS-1-2009-1-DE-TEMPUS-JPCR "Курс з експертизи та контролю якості харчових продуктів з урахуванням європейського досвіду" та призначено для студентів і магістрів напряму навчання "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природо-користування", спеціалізації "Агроекологія".

Проект фінансується за підтримки Європейської Комісії. Зміст даної публікації є предметом відповідальності автора і не відображає точку зору Європейської Комісії.

Друкується за рішенням вченої ради Одеського державного екологічного університету (протокол № 8 від 28.10.2010 р.).

The summary of lectures considers Agroenvironmental Monitoring as a self-contained and self-sufficient branch of Environmental Science with its own subject of research. The theoretical, methodical and practical aspects of Agroenvironmental Monitoring implementation are given with regard to the fact that the leading role in these activities belongs to monitoring of the state of soil as the basic constituent of any agroecosystem.

The key issues of monitoring of the chemical, radiological, phytopathological and biophysical state of the soil environment are considered.

The publication is prepared within the framework of 159173-TEMPUS-1-2009-1-DE-TEMPUS-JPCR 'EU Based Course in Foodstuff Expertise and Quality Control' project and is intended for undergraduate students in the direction of 'Ecology, Environmental Protection and Sustainable Nature Management' with the specialization of 'Agroenvironmental Science'.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

ВСТУП

У різних видах наукової та практичної діяльності людина користується методом спостереження як способом пізнання, що ґрунтується на тривалому цілеспрямованому планомірному сприйнятті предметів і явищ навколишнього середовища. Інформація про стан довкілля потрібна у щоденному житті людей, в їх господарській діяльності, особливо цінна вона за надзвичайних ситуацій, під час яких динамічно змінюються події, доводиться оперативно приймати необхідні, часто нестандартні рішення.

Зміни у навколишньому середовищі відбуваються під впливом природних і зумовлених діяльністю людини біосферних факторів. Пізнання цих змін неможливе без виокремлення антропогенних процесів на фоні природних, для чого і організовують спеціальні спостереження за різноманітними параметрами біосфери, які змінюються внаслідок людської діяльності. Саме у спостереженні за довкіллям, оцінюванні його фактичного стану, прогнозуванні його розвитку полягає сутність моніторингу.

Комплексна система спостереження за станом агроєкосистем містить у собі як найважливішу складову ґрунтово-екологічний моніторинг. На відміну від води й атмосферного повітря, які є міграційними середовищами, ґрунт являє собою найбільш об'єктивний і стабільний індикатор техногенного забруднення екосистеми. Вона чітко відображає емісію забруднюючих речовин та їх фактичний розподіл у компонентах ландшафту.

Моніторинг стану ґрунтів часто обмежують регулярними спостереженнями за хімічним забрудненням ґрунтів. Однак крім забруднення є великий перелік інших видів деградації ґрунтів, які також є об'єктами агроєкологічного моніторингу.

Інформаційна база моніторингу родючості сільськогосподарських угідь повинна включати як головні компоненти наступні блоки: агрокліматологічні дані, відомості про оролітогенну основу агроландшафтів й організаційно-господарську основу землевпорядження, агрохімічні, агрофізичні, гідрологічні характеристики ґрунтів, дані по ерозійному стану територій землекористування, відомості по застосуванню добрив й основних хімічних меліорантів, забрудненню ґрунтів і продукції рослинництва важкими металами й радіонуклідами, а також використанню земель, їхньої продуктивності і якості рослинницької продукції.

За міжнародним стандартом (СТ ІСО 4225-80), моніторинг - це багаторазові вимірювання для спостереження за змінами будь-якого параметра в певному інтервалі часу; система довготривалих спостережень, оцінювання, контролювання і прогнозування стану і зміни об'єктів. Цей термін було запропоновано напередодні проведення Стокгольмської

конференції ООН з навколишнього середовища у 1972 р. на противагу (або на доповнення) до терміну «контроль». Крім спостережень і отримання інформації, моніторинг передбачає і елементи активних дій, таких як оцінювання, прогнозування, розроблення природоохоронних рекомендацій.

Як галузь екологічної науки агроекологічний моніторинг ґрунтується на загальних екологічних законах і взаємодіє з природничими, географічними, аграрними і технічними науками. Його завдання полягають у постановці і виробленні теоретичних засад практичного розв'язання проблем організації спостережень; науковому обґрунтуванні складу, структури мережі й методів спостережень за станом агроєкосистем, рівнем забруднення їх середовищ, станом біоти (сукупності живих організмів, що населяють певну агроєкосистему у певний проміжок часу), методик оцінювання і прогнозування стану системи сільськогосподарського поля і ґрунтового покриву у цілому; розробленні рекомендацій щодо управління станом складових агроєкосистем.

Число природоохоронних організацій у країні зростає. Суспільство має потребу у фахівцях, здатних на належному рівні проводити контроль стану сучасних агроєкосистем. У чинному конспекті розглядаються ключові питання моніторингу хімічного, радіологічного, фітопатологічного, біофізичного стану середовища сільськогосподарського виробництва.

1 ОСНОВНІ ЗАДАЧІ І СХЕМА МОНІТОРИНГУ

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» (МAB - 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 сформувати на їхній основі елементи активних дій, адекватних виникаючим природоохоронним ситуаціям. 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 попередження критичних ситуацій, 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 вирішення 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 НПС (як короточасні, так і довгострокові) реєструють і вивчають існуючи 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 заздалегідь 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. Израель, який зробив вагомий внесок у розробку теорії й практики моніторингу, запропонував універсальну схему інформаційної системи контролю стану природного середовища (рис. 1.1), 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 існуючих «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.

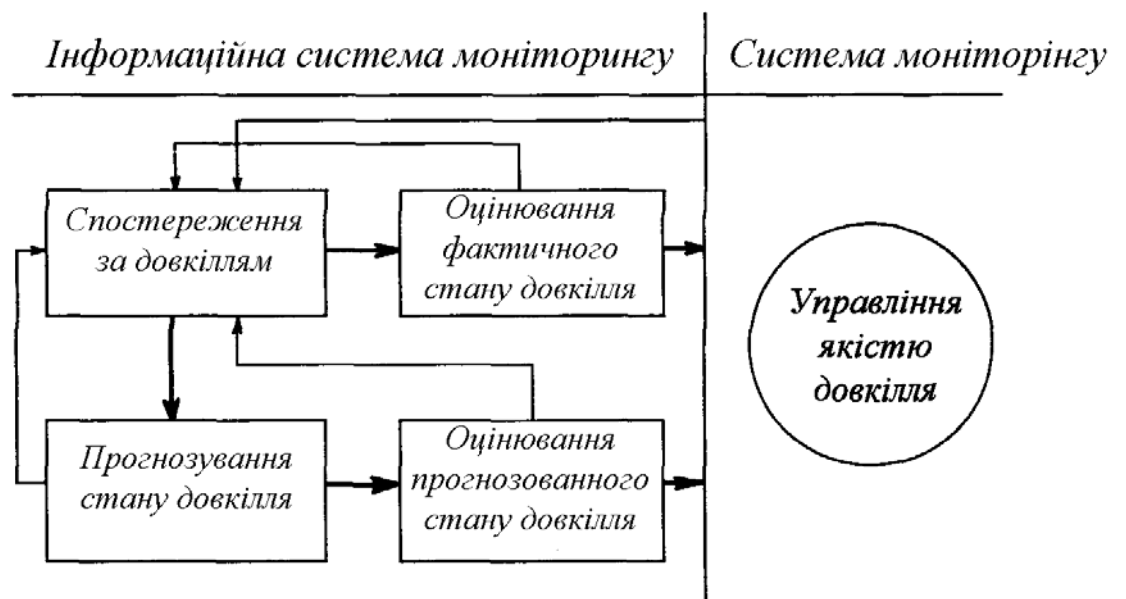


Рисунок 1.1. Блок-схема системи моніторингу

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.

Основні фактори, елементи й процеси, що вимагають ретельного спостереження й дослідження (за Ю.А. Ізраелем), наведені в таблиці 1.1.

Локальні джерела забруднень і фактори їхнього впливу виділені в розділ А. До них належать природні (виверження вулканів, вихід нафти, газів і т.д.) явища й антропогенні (викиди промислових і сільськогосподарських підприємств, порушення правил хімізації сільського господарства, викиди транспорту й т.д.) фактори.

У розділ Б (підрозділ Б. 1) входять спостереження за геофізичними даними, які одержують у результаті послідовних або безперервних вимірів параметрів стану середовища, а також спостереження за стихійними природними явищами (вулканізм, землетруси, посухи, повені, селі, ерозія ґрунтів і ін.). Такі спостереження перебувають у компетенції географічних служб.

Найважливішу інформацію про стан НПС несуть фізико-географічні дані, включаючи дані про розподіл суші й води, рельєф поверхні земної кулі, природні ресурси, народонаселення, урбанізацію. У цей же розділ включені спостереження за станом НПС (і його змінами), що характеризується геохімічними даними (спостереження за колообігом речовин у природному комплексі, за складом сторонніх домішок у біосфері, у тому числі радіоактивних речовин), різними специфічними фізичними характеристиками середовища, включаючи спостереження за шумовими й тепловими забрудненнями, різними випромінюваннями (іонізуючими й неіонізуючими).

До розділу Б належать також спостереження за хімічним складом (природного й антропогенного походження) атмосферних опадів, поверхневих і підземних вод, вод океанів і морів, ґрунту, донних відкладень, рослинного й тваринного світу й спостереження за основними шляхами поширення забруднень. Ці спостереження найчастіше відносять до першорядних по важливості в системі моніторингу.

Таблиця 1.1 – Класифікація стану природного середовища і здоров'я населення, реакцій природних систем, джерел та факторів впливу, що охоплює система моніторингу

Розділ спостережень	Назва розділу спостережень	Класифікація
А	Джерела та фактори впливу	А.1 Локальні джерела забруднення
		А.2 Фактори впливу (забруднювачі, випромінювання і т.д.)
Б	Стан навколишнього природного середовища	Б.1 Стан середовища, що характеризується фізичними та фізико-географічними даними
		Б.2 Стан середовища, що характеризується геохімічними даними, даними про склад і характер забруднення
В	Стан біотичної складової біосфери	В.1 Реакція біоти – відгуки і наслідки: - у окремого організму; - у популяції; - у співтовариства і екосистеми
Г	Реакція крупних систем біосфери у цілому	Г.1 Реакція крупних систем (погода і клімат)
		Г.2 Реакція біосфери у цілому
Д	Стан здоров'я та добробуту населення	

Розділ В включає спостереження за реакцією біоти (живої складової біосфери) на різні фактори впливів і змін стану НПС. До цих спостережень відносять спостереження за відгуком (оборотні зміни) і наслідками (необоротні зміни) у біоти. Можливі спостереження за функціональними і структурними біотичними ознаками. До числа функціональних можна віднести, наприклад, приріст біосфери в одиницю часу, швидкість поглинання різних речовин рослинами й тваринами; до числа структурних - чисельність видів рослин і тварин, загальну біомасу. Ці спостереження повинні бути організовані на різних рівнях окремого організму й популяції, суспільства й екосистеми.

Розділ Г - спостереження за реакцією середовища великих систем (погоди, клімату) і біосфери в цілому, включають всю систему спостережень за станом кліматичної системи, перерахованих у попередніх розділах і потребуючих спеціальних узагальнень і оцінок.

Розділ Д включає спеціальні дослідження. Спостереження, сформовані по певній системі для реалізації розглянутих завдань, залежно від цільової установки останніх, проводять за фізичними, хімічними і біологічними показниками. Система спостережень може ґрунтуватися на точкових вимірах (на станціях), включаючи дистанційні спостереження, або на просторових зйомках і одержанні інтегральних показників. Припустимо й доцільно комбіноване використання цих підходів. Важливе значення при організації моніторингу належить авіаційним і супутниковим засобам і методам.

Розглядаючи й аналізуючи результати спостережень, важливо виділити зміни стану середовища, реакцію біоти на ці зміни, обумовлені антропогенними впливами. Для цього необхідна інформація про первісний стан середовища, тобто про стан до істотного втручання людини. Ретроспективу деякою мірою можна відтворити за результатами тривалих спостережень, у цьому випадку корисним може виявитися аналіз складу донних відкладень, льодовикових шарів, деревних кілець, що належать до періоду, що передує початку помітного втручання людини.

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 існуючої 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, як і в інших державах колишнього СРСР, служба спостережень і контролю за забрудненням навколишнього природного середовища формувалася в основному на базі добре розвиненої 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 по відношенню до екологічних проблем, а також криза економіки держави навряд чи сприятимуть в досяжній перспективі системній реалізації мети та задач моніторингу.

2 АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ В ІНТЕНСИВНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

2.1 Основні завдання і схема агроекологічного моніторингу

Агроекологічний моніторинг є важливою складовою загальної системи моніторингу і являє собою загальнодержавну систему спостережень і контролю за станом і рівнем забруднення агроecosистем (і суміжних з ними середовищ) у процесі інтенсивної сільськогосподарської діяльності (рис. 2.1).

Основна мета його - створення високоефективних, екологічно збалансованих агроценозів на основі раціонального використання й розширеного відтворення природно-ресурсного потенціалу, грамотного застосування засобів хімізації й т.д.

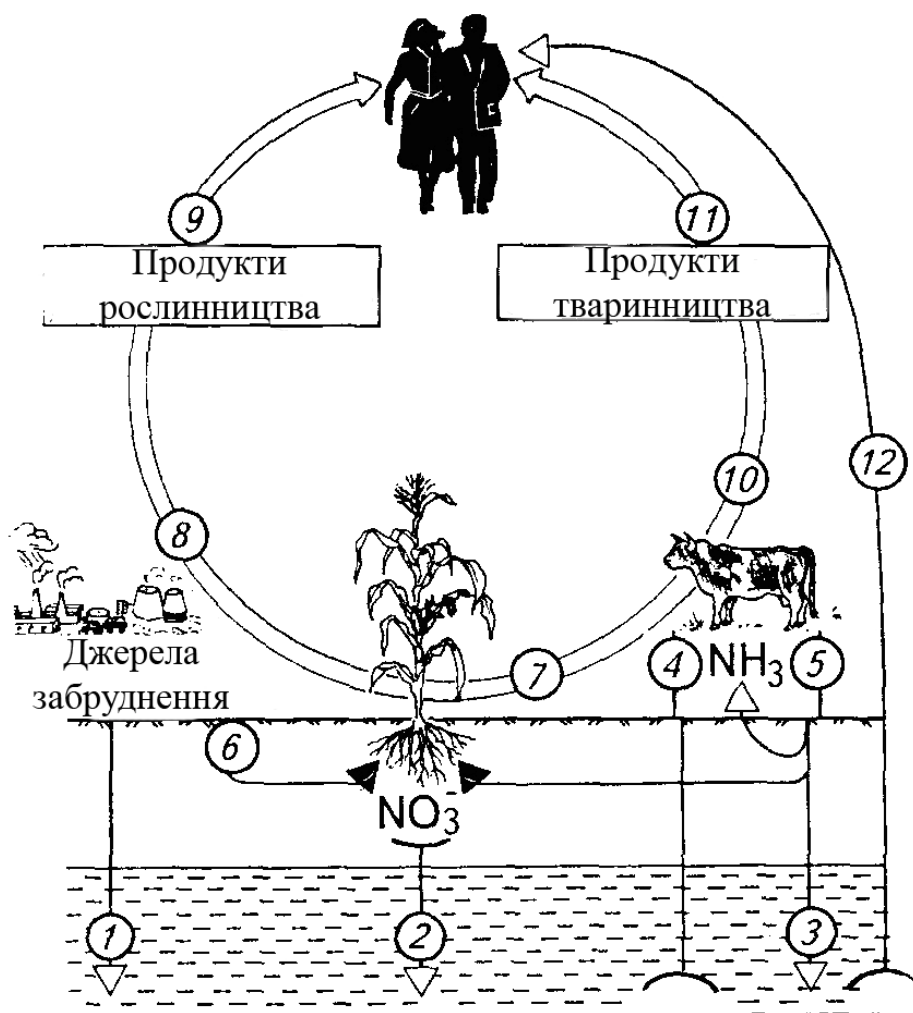


Рисунок 2.1 - Зміст агроекологічного моніторингу

1-3 - стічні й ґрунтові води; 4, 12 - питні води; 5 - виділення; 6 - токсиканти;
7 - корми; 8-11 - продукти харчування

У завдання агроекологічного моніторингу входять:

- організація спостережень за станом агроєкосистем;
- одержання систематичної об'єктивної й оперативної інформації з регламентованого набору обов'язкових показників, що характеризують стан і функціонування основних компонентів агроєкосистем;
- оцінка отриманої інформації;
- прогноз можливої зміни стану даного агроценозу або системи їх у найближчій і віддаленій перспективі;
- вироблення рішень і рекомендацій; консультації; попередження виникнення екстремальних ситуацій і обґрунтування шляхів виходу з них; спрямоване керування ефективністю агроєкосистем.

Основними принципами агроекологічного моніторингу є:

1. Комплексність, тобто одночасний контроль за трьома групами показників, що відбивають найбільш істотні особливості варіабельності агроєкосистем (показники ранньої діагностики змін; показники, що характеризують сезонні або короткострокові зміни; показники довгострокових змін).

2. Безперервність контролю за агроєкосистемою, що передбачає чітку періодичність спостережень по кожному показнику з урахуванням можливих темпів і інтенсивності його змін.

3. Єдність цілей і завдань досліджень, проведених різними фахівцями (агromетeорологами, агрохіміками, гідрологами, мікробіологами, ґрунтознавцями й т.д.) по погоджених програмах під єдиним науково-методичним керівництвом.

4. Системність досліджень, тобто одночасне дослідження блоку компонентів агроєкосистеми: атмосфера - вода - ґрунт - рослина - тварина - людина.

5. Вірогідність досліджень, що передбачає, що точність їх повинна перекивати просторове варіювання, супроводжуватися оцінкою вірогідності розходжень.

6. Одночасність (сполучення, сполученість) спостережень по системі об'єктів, розташованих у різних природних зонах.

В агроекологічному моніторингу виділяються дві взаємозалежні за інформаційними базами підсистеми: наукова й виробнича.

Науковою базою підготовки вихідних даних для застосування технологічних рішень є полігонний агроекологічний моніторинг. Такий моніторинг може здійснюватися на ділянках тривалих дослідів, постійних ділянках спостереження, реперних точках. За умови оснащення сучасними приладами й устаткуванням він дозволяє проводити фундаментальні дослідження із широкого спектру питань.

Виробнича система включає моніторинг всіх використовуваних сільськогосподарських площ країни за порівняно невеликим набором

показників через 5-15 років. Дозволяє одержати надійну систему строкових характеристик.

Єдина система агроекологічного моніторингу дозволяє зосередити зусилля різних організацій для всебічних спостережень і наступної просторової оцінки екологічного стану земель і інших базових елементів агроєкосистем. На цій основі можлива розробка досить об'єктивної системи інформації для рішення короткочасних і довгострокових агроекологічних завдань.

2.2 Основні принципи організації полігонного агроекологічного моніторингу

Як полігони для агроекологічного моніторингу використовують тривалі дослідження географічної мережі. Доцільність використання таких полігонів визначається тим, що вони, як правило, відбивають систематичний вплив на ґрунт і інші компоненти екосистеми найбільш широко розповсюдженого техногенного фактора - добрив і пестицидів, проводяться в чіткій відповідності з вимогами єдиної методики на фоні високої агротехніки, що рекомендується зональними системами землеробства. При цьому широкий набір варіантів з різним хімічним навантаженням дозволяє в остаточному підсумку встановити екологічно оптимальні системи добрив і засобів захисту для конкретних ґрунтово-кліматичних умов, розробити обґрунтовані нормативи навантажень, уточнити ГДК і т.д. Таким чином, необхідним (та й, мабуть, неминучим) процесам хімізації можна додати належну екологічність. Використання у якості полігонів агроекологічного моніторингу опорних базових варіантів тривалих дослідів спрямовано на еколого-агрохімічну оцінку:

- різного насичення ґрунтів мінеральними добривами (особливо азотними);
- застосування меліорантів (вапна, гіпсу й ін.);
- органічних добрив, рослинних залишків проміжних культур, сидератів;
- біологічних (без або з мінімальним використанням засобів хімізації) систем землеробства.

Один з методичних прийомів вивчення природного середовища – поділ його на певні підсистеми (блоки) залежно від цілей експерименту. Як досліджувані варіанти, наприклад, доцільно використовувати прийняті системи землеробства, що забезпечують різні рівні продуктивності агроєкосистеми. В установах, що мають гарну базу досліджень для розробки нових, більш досконалих систем землеробства, які дозволяють вийти на задану продуктивність агроєкосистеми, агроекологічні проблеми можна вирішити більш масштабно. Такий полігон складається із трьох-чотирьох варіантів з різними системами землеробства, насиченістю

добривами й засобами захисту рослин і ін. Набір же варіантів при проведенні агроекологічного моніторингу обов'язково повинен охоплювати весь спектр досліджуваних рівнів продуктивності (як оптимальні, так і екстремальні). Зокрема, це можуть бути такі варіанти:

- з інтенсивним вирощуванням сільськогосподарських культур, що забезпечує максимальну для даних зональних умов продуктивність сівозміни на основі використання прогресивних агротехнічних технологій (перший рівень продуктивності);

- з використанням інтегрованих систем добрив і засобів хімічного захисту рослин, що забезпечують досить високу продуктивність на основі низьких і середніх доз добрив і «м'яких» способів застосування хімічних засобів захисту рослин (другий рівень продуктивності);

- з біологічним способом ведення землеробства, заснований на використанні лише органічних добрив, проміжних культур, заорюванні соломи й т.д., у сівозмінах з достатнім змістом бобових для забезпечення всіх культур сівозміни біологічним азотом при біологічній і агротехнічній системах захисту рослин (третій рівень продуктивності);

- варіант абсолютного контролю (екстенсивний спосіб ведення землеробства), що відбиває сучасну природну родючість орних угідь даної зони (четвертий рівень продуктивності).

Залежно від конкретних умов можна розглядати варіанти зі зрошенням, використанням хімічних меліорантів і т.д.

Комплексні полігонні дослідження дозволяють оцінити екологію тих або інших систем землеробства й технологію оброблення культур. Разом з тим залишається нерозкритим значення окремих прийомів і їхніх сполучень у контексті позитивного або негативного впливу на навколишнє середовище, для вивчення яких служать стаціонарні польові дослідження, причому цінність результатів визначається їхньою тривалістю.

Найбільш інформативними є тривалі багатофакторні дослідження. Їх доцільно планувати як повні факторні дослідження або як вибірки з повних схем. Вивчаючи в таких дослідженнях кілька факторів, можна досить об'єктивно оцінити можливу роздільну або спільну їхню дію на досліджувані показники й процеси. Широкий діапазон факторів служить підставою для вибору оптимальних їхніх значень із обліком агрономічних і екологічних критеріїв оптимальності.

Локальний агроекологічний моніторинг проводять у виробничих умовах у дослідно-показових і базових господарствах, розташованих в основних ґрунтово-кліматичних регіонах країни. У його завдання входять: проведення систематичних спостережень за станом основних компонентів агроєкосистеми (ґрунт - вода - рослини) під впливом інтенсивного застосування засобів хімізації; оцінка й прогноз змін стану названих компонентів залежно від техногенних навантажень; вивчення й оцінка високоефективних екологічно безпечних технологічних прийомів у

землеробстві й розробка мір по їх широкому застосуванню у виробничих умовах.

У системі локального моніторингу проходять апробацію основні технологічні рішення, отримані на полігонних об'єктах.

Суцільний агроекологічний моніторинг здійснюють установи Агрохімслужби та ін., які періодично (через 5-15 років) обстежують ґрунтовий покрив країни (рН, зміст гумусу, еродованість, засоленість, вміст рухомих форм N, P, K). За даними обстежень дають всебічну характеристику землекористування господарств і рекомендації з його поліпшення. Складають також картограми й карти. При проведенні таких обстежень можна виявити (а потім відбити на картографічному матеріалі) антропогенні, техногенні, ерозійні й інші зміни властивостей ґрунтів і стану ґрунтового покриву.

При суцільному агрохімічному моніторингу передбачають також щорічну комплексну діагностику мінерального живлення по основних етапах органогенезу.

Для проведення моніторингу на типових за ґрунтовим покривом полях з різною інтенсивністю хімічних навантажень виділяють постійні ділянки (реперні площадки), на яких вивчають динаміку широкого набору показників, що будуть основою для наступної екологічної оцінки застосованих технологій. Фонові ділянки організують і на найближчих ґрунтових аналогах, що не піддаються антропогенному впливу (цілина, природні угіддя).

Найбільш перспективний напрямок проведення суцільного виробничого агроекологічного моніторингу - дистанційна аерокосмічна зйомка.

3 КОМПОНЕНТИ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Основними блокомпонентами агроєкосистем є атмосфера, вода, ґрунт, рослини. Проведення моніторингу по кожному із цих об'єктів має певні особливості (рис. 3.1).

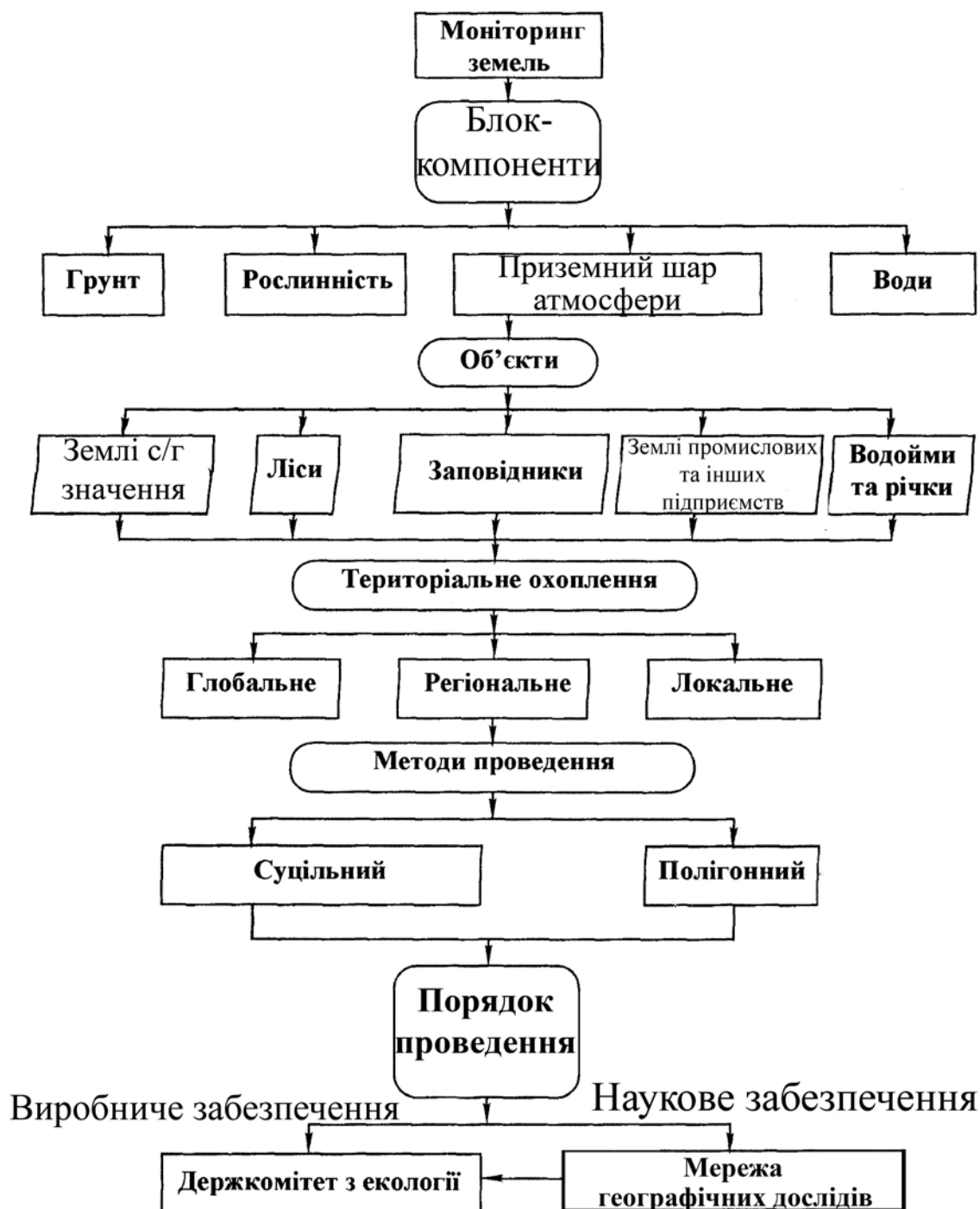


Рисунок 3.1 - Моніторинг земель і порядок його проведення

Ґрунтовий екологічний моніторинг складається із трьох послідовних взаємозалежних частин: контроль (спостереження) за станом ґрунтів і ґрунтового покриву й оцінка їхніх просторово-часових змін; прогноз імовірних змін стану ґрунтів і ґрунтового покриву; науково обґрунтовані рекомендації зі спрямованого регулювання основних засобів і режимів у ґрунтах, що безпосередньо визначають їхню родючість і врожайність сільськогосподарських культур.

Під станом ґрунтів і ґрунтового покриву в часі й просторі розуміють комплекс показників властивостей, складу й родючості ґрунту в межах його елементарного ареалу в конкретний період. Стан ґрунтового покриву - це співвідношення елементарних ґрунтових ареалів чи їх комбінацій, що перебувають у структурі ґрунту в певному стані в даний час.

Від традиційних ґрунтових і агрохімічних досліджень моніторинг відрізняється насамперед комплексністю й безперервністю, єдністю цілей і завдань, багатопрофільністю провідних його фахівців, погодженістю програмних і методичних установок. Переваги моніторингу як цілісної системи спостереження за різними об'єктами досить очевидні, оскільки ґрунтові й агрохімічні дослідження нерідко виконують на основі однобічних програм, що передбачають обмежений набір досліджуваних параметрів і використання різних методичних підходів.

Одержувана на базі моніторингу інформація про зміну властивостей ґрунту, ґрунтових режимів і процесів під впливом природних факторів ґрунтоутворення й антропогенних навантажень є основою для моделювання ґрунтової родючості.

У зв'язку з тим що агроекологічний моніторинг включає прогнозу складову, необхідно орієнтуватися на комплексні ландшафтні спостереження. Поряд з параметрами родючості й стану ґрунтового покриву варто враховувати й фактори ґрунтоутворення, зміни стану ґрунтового покриву. Обґрунтованість такого підходу пояснюється тим, що антропогенні дії впливають не тільки на біоту, але й на рівень ґрунтових вод (РГВ), водно-сольовий режим і баланс, геохімічну міграцію елементів, водопроникність порід і навіть рельєф. Для досягнення необхідної вірогідності прогнозів можливих змін стану ґрунтів і ґрунтового покриву вони повинні опиратися на досить надійну теоретичну базу формування й розвитку ґрунтоутворних процесів.

Насамперед мається на увазі опис не тільки характеру того або іншого процесу, але й об'єктивна оцінка його інтенсивності, швидкості залежно від динаміки факторів ґрунтоутворення.

Методологічні передумови організації й проведення ґрунтово-екологічного моніторингу визначаються й особливостями господарського використання земельних угідь. Необхідною умовою успішного рішення функціональних завдань моніторингу є випереджальне надходження інформації про стан ґрунтів і ґрунтового покриву стосовно відомостей про

регулюючі впливи, спрямованих на раціональне використання ґрунтів (зокрема, агротехнічні, меліоративні, протиерозійні й інші заходи). Уже на перших етапах організації й проведення моніторингу важливим є створення банків даних.

Завдання моніторингу стану ґрунтового покриву - забезпечення регулярного контролю за використанням земель (відповідність природного потенціалу земель їхньому виробничому призначенню); однорідністю ґрунтового покриву полів (контурність, плямистість, утворення мікрорельєфу й ін.); ерозійними процесами (збільшення числа ярів, дефляція поверхні, переміщення барханів, дюн і ін.); зсувними й селевими наносами; підсихловим замуленням, заболочуванням, засоленням, опустелюванням і іншими негативними процесами.

Спостереження за станом ґрунтового покриву, як правило, здійснюють шляхом наземного ґрунтового картирування, періодичність повторних турів якого нерідко порушується.

Керування станом ґрунтового покриву включає такі заходи, як раціональна організація території, приведення у відповідність використання земель їхньому природному потенціалу, ґрунтово-меліоративні, агротехнічні й протиерозійні прийоми.

Посилення негативних антропогенних впливів, що обумовлюють порушення ґрунтів і зниження їхньої родючості, вимагає включення в програми ґрунтово-екологічного моніторингу наступних завдань:

- визначення втрат ґрунту (у тому числі швидкості втрат) у зв'язку з розвитком водної ерозії й дефляції;

- контроль за зміною кислотності й лужності ґрунтів (насамперед у районах з підвищеними дозами внесення мінеральних добрив при осушенні й зрошенні, а також при використанні меліорантів і промислових відходів на околицях великих промислових центрів, які характеризуються високою кислотністю атмосферних опадів);

- контроль за зміною водно-сольового режиму й водно-сольового балансу ґрунтів, що меліорують, вдобрюють або змінюють будь-яким іншим способом;

- виявлення регіонів з порушеним балансом основних елементів живлення рослин; виявлення й оцінка швидкості втрат ґрунтами гумусу, доступних форм азоту й фосфору;

- контроль за забрудненням ґрунтів важкими металами, що випадають із атмосферними опадами, і за локальним забрудненням їх важкими металами в зонах впливу промислових підприємств і транспортних магістралей;

- контроль за забрудненням ґрунтів хімічними засобами захисту рослин у районах їхнього постійного використання (наприклад, на рисових полях);

- контроль за забрудненням ґрунтів детергентами й побутовими відходами, особливо на територіях з високою щільністю населення;
- сезонний і довгостроковий контроль за структурою ґрунтів і змістом у них елементів живлення рослин, за водно-фізичними властивостями й рівнем ґрунтових вод;
- експертна оцінка ймовірності зміни властивостей ґрунтів при спорудженні гідромеліоративних систем, впровадженні нових систем землеробства й технологій, будівництві великих промислових підприємств і інших об'єктів.

Різноманіття природних умов і факторів антропогенних впливів на ґрунти, а також складність ґрунтових структур обумовлюють необхідність розробки диференційованих програм ґрунтово-екологічного моніторингу. Початковий етап моніторингу (перша форма) дозволяє оцінити стан ґрунтів і ґрунтового покриву, масштаби впливу антропогенних факторів, спрямованість і інтенсивність розвитку негативних процесів і вибрати (відповідно до базових принципів моніторингу) об'єкти для наступних досліджень.

Стаціонарна форма ґрунтово-екологічного моніторингу (друга форма) реалізується по розширеній програмі комплексних досліджень властивостей і параметрів ґрунтів, режимів і процесів, що протікають у них.

Для тривалих і комплексних спостережень стаціонарна ділянка повинна включати групу достатніх за розмірами майданчиків, які охоплювали б всі види ґрунтів, що розрізняються по ступеню прояву тих або інших процесів. Те ж стосується й масивів, на яких меліорації не проводяться. Розміри експериментальних ділянок (майданчиків) важко визначити заздалегідь. Їх установлюють із урахуванням розмірів і стану елементарних ґрунтових ареалів, тривалості досліджень, видів режимних досліджень і періодичності спостережень.

Третя форма моніторингу реалізується по скороченій програмі в процесі маршрутних обстежень заздалегідь обраних ділянок або маршрутів (за тими ж принципами, що й стаціонарів). При цьому основну увагу приділяють репрезентативним діагностичним показникам, що найбільше динамічно міняються в часі (кислотність, щільність і структурний стан ґрунту і т.д.). Маршрутні обстеження можуть проводитись на стаціонарних ділянках, або їх прокладають по самостійних напрямках.

По своєму змісту маршрутна система моніторингу являє собою форму оперативного контролю за станом ґрунтів і ґрунтового покриву, меліоративних систем, агроєкосистем і продуктивністю земель. Періодичність (частота) маршрутів - 1-3 за вегетаційний період. У випадку виявлення негативних процесів (переосушення або підтоплення площ, витік води із дренажів, зрідженість і вимокання посівів, засолення, підкислення, осолонцювання, ерозія й т.д.) складають відповідні карти й

картосхеми, спеціальні акти. При виявленні значних змін у властивостях ґрунтів і структурі ґрунтового покриву оцінюють доцільність проведення подальших спостережень на таких ділянках (територіях).

Четверта форма моніторингу полягає в суцільному обстеженні території. Вихідні інформаційні матеріали при цій формі моніторингу становлять у першу чергу інвентаризаційні картографічні характеристики, а також картограми агрохімічних обстежень і розроблені на цій основі рекомендації з раціоналізації землекористування.

Одержувані дані про фактичний стан ґрунтових (вміст гумусу, еродованість, рН, засоленість, солонцюватість і ін.) і агрохімічних (вміст рухливих форм азоту, фосфору, калію й ін.) властивостей, що характеризують ґрунти по всьому спектрі користування, служать базовими передумовами для наступних теоретичних узагальнень і практичних рекомендацій. Останні ж повинні відбивати трансформацію сільськогосподарських угідь; охорону ґрунтів від водної й вітрової ерозії; осушення, зрошення й проведення культуртехнічних робіт; хімічну меліорацію земель (вапнування, гіпсування й т.д.); раціональне розміщення й набір сільськогосподарських культур; особливості агротехнічних прийомів і систем застосування добрив з урахуванням ґрунтових умов; поліпшення сінокосів і пасовищ.

Обов'язкова умова при здійсненні розглянутої форми моніторингу - використання методів картографування. При цьому набір прийомів одержання вихідних даних (від візуальних до космічних) повинен бути максимально повним.

Залежно від складності ґрунтового покриву для проведення зйомок, оцінки спеціалізації господарств і інтенсивності використання земель установлюють різні масштаби ґрунтових досліджень (лісостеп - 1:10 000... 1:25 000; пасовищні угіддя в напівпустелі - 1:50 000; зрошувані й осушені землі - 1 : 2000...1 : 5000 і т.д.). Одночасно диференціюють точність проведених обстежень і картографічних матеріалів, що складаються.

У результаті тривалої оранки, застосування добрив, хімічних меліорантів, зрошення, осушення й інших агротехнічних і меліоративних заходів компонентний склад комплексних ґрунтових контурів змінюється. На цю обставину в процесі моніторингу варто звертати серйозну увагу.

Для досягнення репрезентативності спостережень і об'єктивності оцінок стану й змін ґрунтово-агрохімічних властивостей ґрунтового обстеження доцільно проводити з періодичністю 1 раз в 10-15 років, а агрохімічні - кожні 5 років. Проведення таких робіт повторно, з одного боку, дозволяє усувати недоліки й заповнювати прогалини колишніх спостережень, а з іншого (що найбільше істотно) - виявляти й фіксувати зміни властивостей ґрунтів і ґрунтового покриву, що відбулися внаслідок природних і антропогенних впливів.

При повторних ґрунтово-картографічних обстеженнях (коректуванні) істотно підвищується значимість аерокосмічних даних, дешифрувати які доцільно до проведення польових робіт.

Вибирати об'єкти моніторингу треба, ґрунтуючись на ґрунтово-географічному, геохімічному й природно-господарському районуванні, з урахуванням особливостей використання земель і ступеня стійкості ґрунтового покриву до різних техногенних навантажень.

Об'єкти моніторингу закладаються у всіх землеробських зонах. Вони повинні відбивати типові природні й сільськогосподарські ландшафти й знаходитись у місцях найбільш інтенсивного антропогенного впливу. Паралельно вибирають фонові території (ділянки), представлені природними ландшафтами, на ґрунти яких за останні 40-50 років не впливали, або впливали незначно антропогенні навантаження. Фоновими територіями можуть служити заповідники.

При виборі об'єктів моніторингу враховують спеціалізацію господарства, систему землеробства, способи обробки ґрунтів, систему сівозмін. Доцільно вибирати об'єкти дослідження (господарства) з різним економічним рівнем.

Вид і ступінь антропогенного впливу на ґрунти й структуру ґрунтового покриву також істотно впливають на вибір об'єктів моніторингу й об'єкти відповідних робіт. Наприклад, при організації ґрунтового моніторингу поширення вторинного засолення кількість ділянок спостереження крім інших умов буде залежати від ступеня (і, можливо, виду) засолення, рівня ґрунтових вод і інших специфічних факторів. Припустимо, що в зоні засолення ґрунтів є ерозійно небезпечні землі й джерела техногенного забруднення (наприклад, важкими металами). Тоді в схему об'єктів моніторингу включають ділянки, що дозволяють враховувати різні масштаби змивання, а також особливості акумуляції ґрунтом техногенних речовин залежно від відстані до джерел забруднення, виду ценозів і інших екологічних факторів.

На меліорованих землях необхідно брати до уваги спосіб зрошення, тип дренажу, строки функціонування зрошувальної або осушувальної системи, склад зрошувальних і дренажних вод.

Рельєф, крутість і експозиція схилів істотно впливають на перерозподіл водних ресурсів і біогеохімічних потоків речовин. Це також необхідно враховувати при виборі об'єктів моніторингу.

Формування системи контрольованих параметрів - найбільш важлива ланка в організації й проведенні ґрунтово-екологічного моніторингу. На думку Г. В. Добровольського й інших дослідників, контрольовані параметри доцільно поєднувати в три групи.

Перша група інтегрує показники ранньої діагностики розвитку негативних явищ у стані ґрунтів і ґрунтового покриву. Вона включає показники пригнічення біоти по ферментативній активності, «диханню» і

азотфіксації ґрунтів, по зміні окислювально-відновних і луго-кислотних умов, щільності й фільтрації ґрунтів, мінералізації ґрунтового розчину, дренажних і ґрунтових вод.

Друга група охоплює показники, що відбивають більш стійкі зміни ґрунтів, у тому числі кількість і якість гумусу, зміни структурності ґрунтового покриву, трансформацію вмісту елементів живлення рослин, динаміку важких металів, вуглеводів, біологічну продуктивність природних і штучних ценозів і ін.

Третю групу становлять показники глибоких і стійких змін властивостей ґрунтів: співвідношення фракцій гранулометричного складу ґрунтів, мінералогічного й хімічного складів, потужності ґрунтового обрію й інших стійких властивостей і показників ґрунтів. Спостереження за показниками першої групи проводяться кілька разів у рік, другої групи - один раз протягом двох-п'яти років (залежно від інтенсивності негативних процесів) і третьої групи - один раз в 50 років.

Відповідно до такого підходу, контрольовані параметри першої групи, розширений перелік яких наведений у таблиці 3.1, рекомендується досліджувати вже на перших етапах моніторингу, а також при маршрутній формі його реалізації й т.д. Перелік контрольованих параметрів для режимних спостережень в умовах стаціонарних досліджень (стаціонарна форма моніторингу) наведений у таблиці 3.2.

Одним з основних блок-компонентів агроєкосистем є рослини. У процесі агроєкологічного моніторингу фіксують не тільки кількість і якість урожаю наприкінці вегетації, але й збирають дані по всіх динамічних показниках його формування (накопичення біомаси; формування листової поверхні для наступного розрахунку використання фотосинтетичного потенціалу, розвиток асиміляційної поверхні листя; зміна структури агрофітоценозу і його оптико-біологічна характеристика з оцінкою ККД використання променистої енергії; формування елементів продуктивності рослин).

Проведення таких спостережень дозволяє уточнити строки агротехнічних і агрохімічних заходів, контролювати розвиток процесів формування врожаю. Знаючи оптимальні параметри окремих елементів, можна регулювати їх. При інтенсивних технологіях вирощування зернових культур для доцільного впровадження різних агротехнічних заходів, спрямованих на збільшення врожайності, важливий облік не тільки фаз, але й етапів розвитку рослин.

Існують шкали, що дозволяють визначити настання макро- і мікрофенофаз. Найбільш відома шкала Фекеса, що оцінює за зовнішніми ознаками від сходів до повної стиглості 20 етапів розвитку.

Таблиця 3.1 - Контрольовані параметри, що підлягають моніторингу при всіх видах попереднього обстеження (переважно при маршрутних формах його реалізації)

Процес, що контролюється	Показник	Метод вимірювань	Періодичність	Метод регулювання
Підкислення (підлюговування ґрунтів за допомогою добрив, меліорантів чи хімічного забруднення	рН водний – всі ґрунти, рН сольовий – ґрунти, що не насичені основаннями	Потенціометричний	2-3 рази на рік	Хімічні та водні меліорації, агротехнічні прийоми
Вторинне засолення	Вміст і склад солей в метровому шарі ґрунту, питома електропровідність	Аерокосмічні спектральні вимірювання, електрометричний	1 раз на рік	Регулювання водно-сольового режиму зрошенням або дренажем
Осолонцювання при зрошенні	Процент обмінного натрію	Потенціометрія або фотометрія	- " -	- " -
Втрати гумусу	Процент гумусу в ґрунті	По І.В. Тюріну	- " -	Внесення гною, біологічні меліорації
Окислювально-відновний процес	Ґрунти	Потенціометричний	2-3 рази на рік	Регулювання водного режиму ґрунтів дренажем
Дихання ґрунту	Виділення CO ₂	Дистанційні спостереження	- " -	Органічні і мінеральні добрива
Вміст доступних для рослин поєднань NPK	Нітрати, фосфати, K ₂ O	Іоноселективні електроди	- " -	Внесення добрив, агротехнічні прийоми
Забруднення ґрунтів важкими металами	Вміст рухомих форм поєднань	Атомно-адсорбційний аналіз	- " -	Хімічні меліорації, агротехнічні прийоми, видалення забрудненого шару ґрунту

Продовження таблиці 3.1

Ущільнення ґрунту	Об'ємна маса ґрунту	Об'ємний бур, гаммаскопічний вимірювач щільності	- " -	Внесення органічних добрив, агротехнічні прийоми
Динаміка ґрунтових вод	Рівень ґрунтових вод	Електрометричний	- " -	Дренаж
Мінералізація ґрунтових і дренажних вод	Катіонний і аніонний склад мікроелементів, мікроелементи	Хімічні методи аналізу, іоноселективні електроди	3-4 рази на рік	Оптимізація норм та строків внесення добрив, агротехнічні прийоми

Таблиця 3.2 - Зразковий перелік контрольованих параметрів для режимних спостережень на стаціонарних ділянках

Показник, властивості ґрунту	Періодичність визначення
Вологість ґрунту	1 раз на декаду
Потенціал ґрунтової вологи, рівень ґрунтових вод	1 раз протягом 2-5 діб
Метеорологічні параметри (температура і вологість повітря, швидкість вітру, опади, випарування і т.д.)	Щоденно
Об'єм дренажного стоку з меліоративної системи і її окремих ділянок	1 раз на тиждень
Елементи водного балансу (сумарне випаровування, інфільтрація і т.д.)	1 раз на 5 діб
Хімічний аналіз дренажних і ґрунтових вод на Са, Mg, К, Р, CO ₂ , гідрокарбонати і т.д.	На початку, всередині і наприкінці вегетаційного періоду
Окислювально-відновлювальний потенціал ґрунту, рослин, дренажних, ґрунтових і поливних вод	По основним фазам розвитку рослин
Температура ґрунту на різних глибинах	По фазам і протягом вегетаційного періоду 1 раз на 5 діб

Для характеристики фотосинтетичної діяльності рослин оперують площею листової поверхні, яку можна вимірювати за допомогою фітопланіметра або розраховувати за формулою

$$S = LDK, \quad (3.1)$$

де L - довжина листа; D - ширина листа; K - постійний поправочний коефіцієнт, що дорівнює для пшениці і ячменю 0,67; для кукурудзи 0,75.

Площу листа визначають у ті ж періоди, що й біомасу рослин. За отриманим даними будують криві наростання площі листа в онтогенезі.

Морфофізіологічний метод контролю дозволяє протягом онтогенезу спостерігати за формуванням основних елементів продуктивності, оцінювати фото- і біосинтетичну активність посівів. Метод дозволяє не тільки грамотно визначати строки агроекологічних заходів, але й об'єктивно оцінювати потенційні можливості рослин і ступінь реалізації цих можливостей у залежності як від застосовуваної системи добрив, так і від абіотичних факторів.

По отриманих динамічних показниках установлюють кореляційні залежності між станом факторів зовнішнього середовища й розвитком рослин, формуванням елементів продуктивності й кінцевим урожаєм. Система контрольованих параметрів (обов'язковий зразковий перелік) блок-компоненту «рослина» наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Перелік обов'язкових показників якості продукції рослинництва для дослідження в агроекологічному моніторингу

Показник	Властивості, що характеризуються
Вміст і якість клейковини у зерні	Технологічні
Вміст сахарози	- "-
Доброякісність кормового соку	- "-
Вміст шкідливого азоту	- "-
Вміст масла у насінні	- "-
Вихід і якість волокна	- "-
Об'ємний вихід хліба	Хлібопекарські
Маса 1000 зернин, скловидність зерна	Фізичні
Товарність бульб картоплі	- "-
Вміст азоту	Хімічні
Вміст сирого білку в зерні та кормах	- "-
Вміст крохмалу в зерні, в картоплі, в кормах	- "-
Вміст фосфору, калію, кальцію, магнію	- "-

Для здійснення безперервного моніторингу стану й розвитку рослин можна застосовувати автоматизовані системи. Такі системи являють собою проблемно-орієнтований комплекс контрольно-вимірювальної апаратури, який має гнучку структуру, що дозволяє адаптуватися до інформаційного забезпечення широкого кола науково-дослідних завдань при розробці сучасних технологій інтенсивного екологічно безпечного землеробства.

В умовах інтенсифікації землеробства, особливо при порушенні правил обробки ґрунту й посівів сільськогосподарських культур, спостерігається винос з агроєкосистем біогенних елементів, залишкових кількостей засобів хімізації й т.д., що забруднюють навколишнє середовище.

До забруднюючих речовин входять і важкі метали, які містяться в добривах, викидах і відходах промисловості, осадах стічних вод, що використовуються у сільському господарстві. Забруднення ґрунтів важкими металами небезпечно для ґрунтового покриву, викликає деградацію ґрунтів і знижує їхню родючість.

Вирощування екологічно безпечної продукції в умовах накопичення важких металів у ґрунті вимагає вивчення їх балансу у цілому, а також його витратної частини (вимивання поверхневими водами, винос рослинами й ін.).

Процеси накопичення важких металів у ґрунті, їхня рухливість і вертикальна міграція по профілю вивчені поки недостатньо. Тому поряд з дослідженнями міграції біогенних елементів із ґрунту з фільтрівними водами необхідно вивчати міграцію важких металів (Cd, Zn, Pb, Cr, Cu, Ni і ін.) і фактори, що впливають на цей процес (тип ґрунту й гранулометричний склад, вміст органічної речовини, фізико-хімічні властивості, вапнування, застосування мінеральних і органічних добрив).

Факторами формування якості води є хімічні процеси трансформації й взаємодії речовин, біохімічні, біологічні, фізико-хімічні, а також гідрологічні.

У хімічному складі природних вод можна виділити наступні групи поєднань:

1. Іони, що визначають ступінь мінералізації води. Це аніони - Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} і катіони - Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ .

2. Біогенні речовини: нітрати (NO_3^-), нітрити (NO_2^-), амоній (NH_4^+), фосфати (PO_4^{3-}), кремній (Si), органічні сполуки азоту й фосфору.

3. Органічні речовини - комплекс істинно розчинних і колоїдних органічних сполук.

4. Розчинені гази (O_2 , CO_2 , H_2 і ін.).

5. Мікроелементи (літій, свинець, цезій, берилій, стронцій, барій, хром, молібден, ванадій, марганець, бром, йод, фтор, бор).

6. Іони водню, що визначають кислотно-лужну рівновагу водяних розчинів (pH).

7. Радіоактивні елементи.

Якість природних вод, що контактують і взаємодіють із ґрунтом, тісно пов'язана із ґрунтовими процесами й техногенним впливом на ґрунт.

Під впливом антропогенних факторів у природних водах можуть міститися різні забруднюючі речовини: нітрати, нітрити, пестициди, фенольні з'єднання, синтетичні поверхнево-активні речовини, важкі метали й т.д.

Забруднювачі, які надходять з поверхні ґрунту, з фільтрівним потоком води через зону аерації проходять у ґрунтові води. Накопичуючись у зоні аерації, вони є вторинним джерелом забруднення ґрунтових вод. Останні, у свою чергу, забруднюють підземні (найважливіше джерело питної води) ріки й водойми. Тому якість ґрунтових вод є своєрідним інтегральним показником інтенсивності не тільки природних процесів, пов'язаних із ґрунтоутворенням і колообігом елементів у природі, але й антропогенних впливів (наприклад, застосування засобів хімізації).

Основним методом дослідження вод внутрішньогрунтового стоку (інфільтраційних, лізиметричних) є лізиметричний метод. Принцип його полягає в дослідженні ґрунтового розчину, витиснутого надлишком дощової й снігової води, що просочується через ґрунт.

У практиці лізиметричних досліджень найчастіше застосовують три типи лізиметрів: лізиметри-моноліти з непорушеною будовою ґрунту; насипні лізиметри зі збереженням природної послідовності в розташуванні генетичних обріїв ґрунту, а також лізиметричні лійки, що встановлюються на різній глибині й придатні головним чином для вивчення концентрацій внутрішньогрунтового стоку по профілю ґрунту.

Основні недоліки лізиметрії - ізолюваність ґрунту в установках від ґрунтових вод і відсутність із цієї причини капілярного підйому води з розчиненими речовинами, а також обмеження поверхні ґрунту стінками лізиметру, що затримує поверхневий стік води, який у природних умовах становить 20-25 % суми опадів, що випали. Проте цей метод дозволяє моделювати процеси міграції елементів по профілю ґрунту й збідніння кореневмісного шару основними елементами харчування залежно від кількості атмосферних опадів, типу й гранулометричного складу ґрунту, його окультуреності, фізико-хімічних властивостей, форм і доз добрив, виду культур, що вирощуються, і їхньої продуктивності.

Вивчення методом лізиметрії особливостей змін концентрації елементів в інфільтратах із ґрунтів під впливом різних факторів дозволило встановити, що внесення мінеральних добрив (особливо в підвищених дозах) багаторазово збільшує вимивання компонентів ґрунтового поглинаючого комплексу. Вони витісняються катіонами добрив і в еквівалентних кількостях приєднуються до рухливих аніонів (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-).

Грунтові води - води першого від поверхні землі водоносного шару, що залягає на водоупорі. Поверхню ґрунтових вод називають «дзеркалом». Поровий простір, заповнений водою, який знаходиться нижче дзеркала, - зона насичення. Поровий простір вище дзеркала, що містить атмосферне повітря, - зона аерації. Забруднення ґрунтового шару й зони аерації - показник забруднення ґрунтових вод. Таким чином, аналіз водних витяжок із ґрунту й порід зони аерації - досить об'єктивний метод дослідження забруднення ґрунтових вод.

Створення спеціалізованої мережі спостережень вимагає буравлення шпар, тому доцільно максимально використовувати вже наявні спостережливі шпари, колодязі, джерела. При буравленні шпар для добору проб ґрунтових вод глибиною до 10 м користуються ручним, глибиною до 50 м - шнековим буравленням.

Поверхневі води при розвитку ерозійних процесів обумовлюють змив ґрунту, втрату елементів живлення, забруднення навколишнього середовища. Основний метод вивчення поверхневого й внутрішньогрунтового стоків схилів, а також змиву ґрунтів з поверхні - комплексні польові спостереження на спеціально обладнаних стокових площадках, що дозволяють збирати стік талих і дощових вод.

Установка приймачів води на різних глибинах ґрунтового профілю дає можливість вимірювати також внутрішньогрунтовий горизонтальний стік.

Атмосферні опади, виносячи з атмосфери речовини-забруднювачі, є чинником екологічного ризику. Так, наявність в атмосфері окислів сірки й азоту створює небезпеку випадіння кислотних дощів.

Аналіз хімічного складу атмосферних опадів необхідний для обліку надходження елементів на одиницю площі при балансових розрахунках.

4 ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА АГРОЕКОСИСТЕМ

У системі агроекологічного моніторингу важливою базовою складовою є комплексна еколого-токсикологічна оцінка досліджуваних об'єктів. Хімізація землеробства, економічні цілі не завжди відповідають вимогам забезпечення екологічної безпеки. Екологічна безпека на сучасному етапі розвитку землеробства може бути досягнута тільки в результаті застосування оптимальних доз хімічних засобів з врахуванням необхідних екологічних обмежень.

4.1 Визначення набору показників для еколого-токсикологічної оцінки

Процес вибору показників для еколого-токсикологічної оцінки являє собою самостійне методичне завдання, вирішуючи яке доцільно враховувати:

- ґрунтово-кліматичні характеристики регіонів;
- найбільш імовірні (на основі багаторічних даних) метеорологічні умови, включаючи особливості переміщення повітряних мас;
- можливість забруднення агроекоосистем промисловими викидами прилеглих підприємств; обсяги й склад, токсичність викидів (при обов'язковому обліку троянди вітрів);
- технології обробки ґрунтів і використання засобів хімізації (добрива, засоби захисту рослин, хімічні меліоранти), що застосовуються.

Обов'язкова умова - проведення вихідного хімічного аналізу вод, ґрунтів, рослин (у тому числі визначення наявності біогенних елементів: Cl, F, Se, B, Br, As, NO_3^- , NO_2^- , важких металів: Be, Mn, Zn, Pb, Cd, Cr, Mo, Hg, V і т.д.; залишків засобів захисту рослин; обов'язково - ДДТ, бенз(а)пирену, діоксинів. При цьому доцільно використовувати технологічні карти й архівні матеріали.

Для ряду регіонів обов'язковою вимогою при визначенні набору показників для проведення еколого-токсикологічної оцінки є гамма-спектрометрія й радіометрія зразків ґрунтів, вод (у тому числі ґрунтових) і рослин.

Показники вибирають, порівнюючи результати, одержувані на основі інструментального аналізу, з довідковими даними й наступною диференціацією їх по групах:

- показники, що не перевищують нормальний вміст;
- показники, що не перевищують припустимий вміст;
- екологічно небезпечний вміст перевищує припустиме.

Обов'язкова умова проведення еколого-токсикологічної оцінки - вихідний аналіз вод, ґрунтів, рослин з комплексу обраних показників на фоновій території (на досить великій ділянці непорушеного ландшафту). У

цьому випадку представляється можливим простежити динаміку змін екологічного стану досліджуваної агроєкосистеми, у тому числі й при проведенні природоохоронних заходів. Площа фонові ділянки залежить від умов того або іншого регіону. При достатнім залісенні й низькому промисловому впливі такі площі можуть не перевищувати 1-1,5 га. У степових регіонах, особливо при наявності екологічно небезпечних підприємств (хімічні й металургійні виробництва, ТЕЦ і ін.), зазначені площі повинні бути в 100-200 разів більше. Розташовувати фонові ділянки треба з урахуванням троянди вітрів відповідно до розміщення агроєкосистем, що досліджуються.

Контроль за накопиченням рослинами токсичних поєднань і якістю рослинної продукції входить до числа основних завдань агроєкологічного моніторингу. Токсикологічна ж оцінка продукції рослинництва визначає еколого-економічну ефективність усього технологічного комплексу вирощування культур.

Агроєкологічний моніторинг включає системні спостереження за компонентами агроценозу за єдиною уніфікованою програмою. У перспективі ж передбачається організація на кожному полігоні автоматизованих систем контролю.

4.2 Показники агрофізичного і гумусового стану ґрунтів

Основними агрофізичними параметрами ґрунтів, як відомо, є механічний склад, загальна щільність і щільність твердої фази, мінералогічний і гранулометричний склади, водопроникність, фільтраційна й водоутримуюча 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 водоутримуюча 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 агроєкологічного 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 водоутримуюча здатності ґрунтів більше динамічні в часі. Дані показники варто контролювати при полігонному моніторингу 1 раз у ротацию сівозміни (через трудомісткість визначення) наприкінці вегетації (після збирання), коли встановлюється відносно рівноважна щільність ґрунту, а посіви не ускладнюють польове визначення водопроникності й фільтраційної здатності.

Постійно спостерігаючи за станом агрофізичних параметрів, можна запобігти небажаним змінам і погіршенню властивостей ґрунтів, розвитку негативних деградаційних процесів, а в підсумку зберегти високу родючість ґрунтів, їх важливі екологічні функції.

У складній проблемі керування ґрунтовою родючістю одним з найважливіших факторів є контроль за станом органічної речовини. Блок гумусу, безсумнівно, ключовий у ґрунтово-екологічному моніторингу, оскільки гумус ґрунтів, стан його кількісних і якісних характеристик визначають основні властивості й режими ґрунтів, трансформацію й міграцію токсичних речовин у процесі інтенсифікації землеробства й у результаті техногенезу.

Дослідження показали, що вміст і якісний склад гумусу не є стабільними, консервативними показниками, що 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 $C_{ГК} : C_{ФК}$ (вуглецю гумінових кислот до вуглецю фульвокислот), залишається відповідним тому типу гумусу, який є характерним для зонального процесу утворення гумусу.

У той же час 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 носити 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. вирішити 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 площадки - 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 основаними, вміст Na у поглинаючому комплексі; визначення актуальної й потенційної біологічної активності ґрунтів.

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

Розглядаючи агроекологічний моніторинг щодо проблеми ґрунтового гумусу, варто враховувати, що дані фракційно-групового складу

дозволяють виявити генетичні особливості гумусу різних ґрунтів, але вони малопридатні для оцінки зміни природи гумусових речовин під впливом різних факторів, навіть при тривалому впливі землеробських прийомів. Тому спрямоване регулювання кількості і якості гумусових поєднань вимагає розробки методів діагностики їхніх змін під впливом різних факторів техногенезу.

Самим складним при цьому є розробка екологічних критеріїв оцінки деградації гумусових поєднань і нормування техногенних навантажень на ґрунти й інші компоненти агроландшафту. У значній мірі 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 необхідність проведення комплексних еколого-хімічних 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 поєднання ґрунтів, у яких біогеохімічні потоки речовини й енергії не тільки «замикаються», але й своєрідно трансформуються.

Дослідження складу, властивостей і структурних особливостей гумусових кислот, фульвокислот і їхніх фракцій основних типів ґрунтів, визначення змін гумусових кислот під впливом мікроорганізмів і різних прийомів інтенсивного землеробства із застосуванням комплексу методів фізико-хімічного аналізу дозволяють рекомендувати для рішення ґрунтово-генетичних і ґрунтоохоронних завдань, для цілей екологічної експертизи систему структурно-статистичних діагностичних показників трансформаційних змін гумусових речовин під впливом природних і техногенних факторів. Запропонована система складається з п'яти блоків (елементний і функціональний аналіз, спектрофотометрія у видимій області, ІЧ-спектроскопія, дериватографічний аналіз, пиролітична мас-спектрометрія), кожний з яких, у свою чергу, містить від трьох до семи підблоків.

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

4.3 Показники потенціалу біологічного азоту

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 сівоzmіни 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 рішення цих питань повинні служити матеріали агроекологічного моніторингу.

У сівоzmінах 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 N_B визначають із поправкою на азотфіксацію (однак цією вимогою часто зневажають) за формулою

$$N_B = N_Y(1 - K_\phi), \quad (4.1)$$

де N_Y - загальний азот урожаю (основна й побічна продукція), кг/га; K_ϕ - 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 поживних і корневих 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 поправочних 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 поправочний 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.

4.4 Показники фосфорного живлення рослин

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 тому, 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 за рахунок 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 фосфатіонів із твердої фази в розчин. Запас рухливих фосфатів (фактор ємності) для кожної ґрунтової різниці визначають стандартним методом.

У системі агроекологічного моніторингу для рішення 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

позитивний вплив органічних добрив у нейтралізації токсичних властивостей важких металів у результаті зв'язування їх у малодоступні поєднання, 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.

Незважаючи 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 площадках.

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.

У відповідності до вимог екологічної безпеки, необхідний обов'язковий контроль по основним блок-компонентам агроєкосистем. Різні види органічних добрив необхідно аналізувати на вміст у них макро- і мікроелементів, патогенної мікрофлори і яєць гельмінтів. У нетрадиційних видах органіки (сапропелі, усілякі компости, сировиною для яких служать відходи промислових і сільськогосподарських підприємств) варто

додатково визначати зміст важких металів і залишкових кількостей пестицидів.

Закономірності поведінки 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 відрізнятися. 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 має місце 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 сівоzmінах 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

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 хімікомісії, 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.

5 МОНІТОРИНГ СТАНУ ҐРУНТІВ, ЯК ОСНОВНОГО СЕРЕДОВИЩА АГРОЕКОСИСТЕМИ

Розвиток промисловості, особливо сільськогосподарського виробництва, спричинює небажані зміни в природному середовищі, а саме деградацію ґрунтів, їх забруднення залишковою кількістю мінеральних добрив і пестицидів, несприятливі зміни гідрологічного режиму. Останнім часом площа сільськогосподарських угідь помітно зменшилася. У районах інтенсивного землеробства і високої концентрації промислового виробництва техногенна трансформація ґрунтів перевищує темпи природного ґрунтоутворювального процесу.

З метою оцінювання перетворень і спрямованого регулювання ґрунтових процесів виникає потреба в організації служби моніторингу.

5.1 Сучасний стан ґрунтового покриву Землі і антропогенний вплив на нього

Суша займає приблизно четверту частину Земної кулі і є осередком людського життя. Наявність ґрунтового покриву зумовила багатоманіття рослинного і тваринного світу, він є джерелом копалин, основою сільськогосподарського виробництва. Саме тому ґрунт піддається величезному антропогенному тиску, легко ушкоджується, порушується та відноситься до важковідновних природних ресурсів.

Ґрунт - окреме природне утворення, формування якого є складним процесом взаємодії п'яти природних факторів: клімату, рельєфу, рослинного і тваринного світу, ґрунтоутворюючих порід, часу.

Головною ознакою, яка відрізняє ґрунти від гірських порід, які формують основну частину літосфери (зовнішня тверда оболонка Землі, що охоплює всю земну кору й частину верхньої мантії і складається з осадових, вивержених і метаморфічних порід), є родючість.

Родючість - здатність ґрунту задовольняти потребу рослин в елементах живлення, воді, забезпечувати кореневі системи достатньою кількістю кисню, тепла для нормальної життєдіяльності.

До складу ґрунту входять: мінеральна основа, яка становить 50-60 % загального складу (неорганічний компонент, який утворився з материнської породи в результаті вивітрювання); органічна речовина – до 10 % (утворюється при розкладі мертвих організмів і їх частин (листя, тварини)); повітря - до 15- 25 % (знаходиться в порах ґрунту і необхідне для існування кореневої системи рослин); вода - до 25-35 % (необхідна всім ґрунтовим організмам як розчинник речовин, яких потребують рослини).

Важливим компонентом ґрунту є гумус (перегній) - органічна речовина, що утворюється з решток відмерлих рослин під впливом

діяльності мікроорганізмів, які переробляють їх, розкладають, збагачують вуглекислим газом, водою, сполуками азоту та іншими речовинами.

Види ґрунтів різняться за мінералогічним складом, вмістом гумусу та поживних елементів, родючістю. В Україні налічується понад 38 основних типів ґрунтів і кілька тисяч відмін за еколого-генетичною класифікацією російського ґрунтознавця Василя Докучаєва (1846-1903). Існує також міжнародна номенклатура продовольчої і сільськогосподарської організації ООН/ЮНЕСКО, де використовують назви ґрунтів, які характерні для певних країн (чорнозем, підзол, солонець, солончак) і синтезовані назви (придумані для ґрунтів), поширені на кількох континентах (флювісоль, ґрейсоль, андосоль, каштанозем та ін.).

Тип ґрунту - опорна, основна одиниця систематики ґрунтів, яка об'єднує ґрунти одного типу ґрунтотворення, подібні за будовою генетичного профілю, процесами мінералізації органіки, біохімічними процесами, розміщенням у схожих природних умовах.

З усіх типів ґрунтів найродючішими є чорноземи (еталон родючості), вони займають до 60 % усіх сільськогосподарських угідь України і розташовані в межах лісостепу і степу. Вміст гумусу в цих ґрунтах становить 4-9 %, їх товщина сягає 1-1,5 м. До 18,5 % площ орних земель припадає на дерново-підзолисті, дернові і сірі лісові ґрунти, які формувалися в умовах надмірної зволоженості, в них мало гумусу, вони переважно кислі, але мають високу природну родючість. Великі площі припадають на бурі лісові і буро-підзолисті ґрунти, поширені в межах лісової смуги вертикальних зон Карпат, Криму, Передкарпаття і Закарпаття, та лучні і болотні ґрунти, які трапляються в західних і північних районах України. Загалом ґрунти України наділені високою природною родючістю.

Ґрунтовий покрив України має виразний зональний характер, з чітким виокремленням найпоширеніших типів.

Дерново-підзолисті та дернові ґрунти поширені у поліській частині України. Вони утворюються переважно на піщаній основі за надмірного зволоження (окремими фрагментами у Західному та Малому Поліссі при неглибокому заляганні крейди трапляються перегнійно-карбонатні ґрунти - так звані рендзини). Усі різновиди ґрунтів цієї групи характеризуються незначним вмістом гумусу, несприятливими водно-фізичними властивостями, зокрема підвищеною кислотністю і низькою родючістю (виняток становлять рендзини, які належать до найродючіших ґрунтових видозмін).

Сірі лісові ґрунти домінують у південних районах Полісся та на північних околицях лісостепу, їх розглядають як перехідні до чорноземів і, залежно від переважаючих умов ґрунтотворення (лісових або степових), поділяють на ясно-сірі, сірі та темно-сірі підтипи. Сірі ґрунти теж мають незначний вміст гумусу і підвищену кислотність.

Чорноземи простягаються широкою смугою від Карпат до східних кордонів України, охоплюючи основну частину лісостепу і північ степової зони. Формуючись на відкладах лесового комплексу за сприятливих кліматичних умов (достатньо теплих і зволжених), чорноземи відрізняються підвищеним вмістом гумусу (4-9 %) і є найродючішими ґрунтами. Залежно від зміни природних умов (передусім зволоження) сформувалися різні види чорноземів: у лісостепу домінують чорноземи опідзолені і типові мало- і середньогумусні, у північному степу - чорноземи звичайні, у центральному степу - чорноземи південні.

Темно-каштанові ґрунти формуються в сухих умовах південної частини степової зони (перехідні від південних чорноземів до каштанових ґрунтів), у найпосушливіших умовах Присивашся та на окремих ділянках Причорноморської і Приазовської низовин вони поступаються справжнім каштановим ґрунтам з виразними ознаками солонцюватості.

Солонці та солончаки становлять особливу групу ґрунтів у посушливих степах України. Солонці характеризуються незначною водопроникністю і наявністю ущільненого солонцевого горизонту, сформованого нагромадженням натрієвих солей при інтенсивному капілярному піднятті і наступному випаровуванні мінералізованих ґрунтових вод. Фрагментарно, з інтенсивним засоленням, солонці поступаються справжнім солончакам. Поряд з природними особливостями степу (плоский рельєф, незначна кількість атмосферних опадів, підвищене випаровування тощо) надмірному засоленню ґрунтів та утворенню солонців і навіть солончаків сприяють нерозважлива господарська діяльність, зокрема непродумана організація зрошувальних робіт.

Бурі лісові (буроземи) та буро-підзолисті ґрунти, які формуються за відносно теплого і достатньо вологого клімату під листяними або хвойними лісами, поширені у гірських районах та передгір'ях українських Карпат і Криму. Вони вирізняються грудкуватою або горіховою структурою і підвищеною кислотністю.

Лучні та болотні ґрунти, що формуються в умовах значного та надмірного зволоження, поширені у північних та західних регіонах України, де вони характеризуються розвитком процесів оглеєння. Проте трапляються подібні ґрунти і на окремих локаліях лісостепової і навіть степової зон (на заплавах річок, у глибоких ярах, балках та інших депресіях поверхні), де їх утворення супроводжується процесами засолення.

Рівень гумусованості ґрунтів теж має зональну залежність. Так, якщо дерново-підзолисті ґрунти Полісся характеризуються невисоким вмістом гумусу (0,7-2,0 %), а у лісостепу гумусованість зростає від 1,0-2,5 % у ясно-сірих ґрунтах до 4,0-6,0 % у чорноземах типових, то у чорноземному степу кількість гумусу знижується у протилежному напрямку - з півночі на південь - від 6,0 до 1,5 % . Протягом останніх

десятиріч в Україні спостерігається стала тенденція до зниження вмісту гумусу в ґрунтах, що пояснюється як природними процесами (насамперед, ерозійно-дефляційними), так і спрацюванням гумусу в процесі інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. За даними спостережень, протягом останніх 30 років середньорічні втрати гумусу на Поліссі становлять 0,1 т/га; у лісостепу - 0,8; у степу - 0,4 т/га, чим і пояснюється нагальна необхідність реалізації наукових розробок щодо відновлення родючості ґрунтів, запропонованих науковцями і практиками України та з успіхом апробованих у різних природних зонах та на різних ґрунтових відмінах.

У сільському господарстві ґрунт є основним засобом виробництва, важливою ознакою якого є саме родючість. Людина, використовуючи ґрунт, змінює її за допомогою обробітку, внесення добрив, запровадження сівозмін, зрошення тощо. Залежно від способу використання ґрунт може поліпшуватися, ставати більш родючим, або навпаки.

Натепер однією із основних проблем людства є охорона і раціональне використання земель, тому що до 98 % продуктів харчування населення Землі отримує за рахунок обробітку землі, а за своє існування людство втратило до двох мільярдів гектарів родючих земель. Земельний фонд становить 13 392 млн. га, тобто приблизно чверть всієї поверхні Земної кулі (рис. 5.1).

Земельні ресурси світу поділяють на продуктивні, малопродуктивні та непродуктивні землі. Сільськогосподарські землі займають третю частину земельного фонду. Основним постачальником продуктів харчування є орні землі. Сьогодні можливостей для розширення орних площ практично не залишилося. Навпаки, у багатьох країнах відбувається їх неухильне скорочення за рахунок деградації ґрунтів, опустелювання, а збільшення обсягу продовольчих ресурсів за останні десятиліття досягнуто за рахунок інтенсифікації сільського господарства. За даними ФАО (FAO - Food and Agriculture organization UN - спеціалізована установа ООН, створена у 1945 р., яка займається питанням продовольчих ресурсів і розвитку сільського і промислового господарств у світі), приблизно половина населення планети не отримує повноцінного харчування, від недоїдання щороку страждає до 800 млн. людей, які проживають в Африці, Південній Америці, Південно-Східній Азії, і лише такі країни, як Австралія, Канада, Нова Зеландія, США, ПАР забезпечують своє населення продуктами харчування власного виробництва.

Задля збереження світового земельного фонду необхідно раціонально використовувати продуктивні землі, вживати заходів щодо охорони ґрунтового покриву, боротися з деградацією ґрунтів.

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

Основними причинами погіршення якості земель є природні стихійні лиха (вулкани, землетруси, затоплення) і антропогенні фактори (цілеспрямована діяльність людини); порушення правил агротехніки та сівоzmіни; вирубування охоронних лісів; розорювання схилів; неправильне ведення гідротехнічних меліорацій; надмірний випас худоби; забруднення ґрунтів різними речовинами у результаті сільськогосподарської діяльності; безпідставне вилучення сільськогосподарських земель.

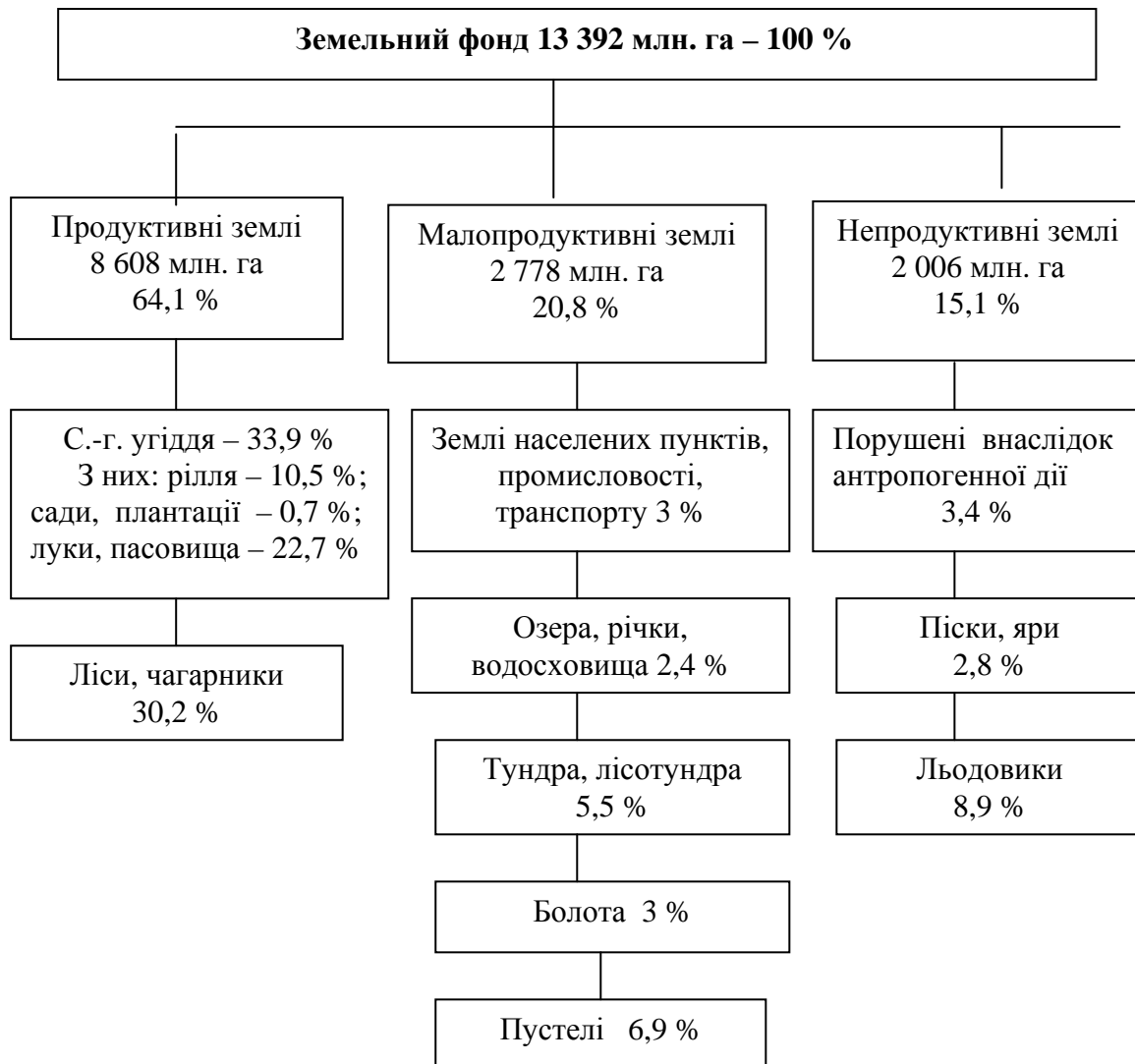


Рисунок 5.1 - Загальний баланс земельних ресурсів світу

Природа у процесі еволюції виробила механізм самовідновлення ґрунтів і оптимального пристосування до несприятливих умов. Сьогодні техногенні навантаження зростають до розмірів, які переважають поріг стійкості ґрунтів. Відновлення природних ресурсів природним шляхом уже неможливе. Оскільки зменшити, або хоча б стабілізувати техногенне

навантаження практично неможливо, відбуваються незворотні негативні зміни у стані земельних ресурсів. Наймасштабнішу шкоду земельним ресурсам завдають процеси ґрунтової ерозії, опустелювання, засолення.

Ґрунтова ерозія (лат. erosio - роз'їдання) - руйнування та вилучення ґрунтів і підстиляючих материнських порід під дією вітру, атмосферних опадів і спричинених ними схилових стоків, наслідком чого є деградація ґрунтів, забруднення водного і повітряного басейнів.

Ерозійні процеси поділяють на водні, вітрові та агротехнічні. При цьому вирізняють ерозію нормальну, яка проявляється на територіях, не порушених господарською діяльністю людини, та прискорену, що розвивається внаслідок антропогенного впливу (розорювання схилів, нерегульовані випаси на них худоби, суцільне вирубування лісів тощо). За сучасних умов переважають процеси прискореної ерозії сільськогосподарських угідь. За ступенем еродованості виокремлюють слабо-, середньо- та сильноеродовані землі. В Україні еродовано 12,9 млн. га сільськогосподарських угідь (30,8 %), у т. ч. 10,6 млн.га ріллі (31,6 %), а площі еродованої ріллі зростають приблизно на 70 тис.га.

Водна ерозія проявляється головним чином через площинний змив на схилах крутизною понад 4°, який зумовлює різні ступені змитості ґрунтів, а також через лінійний розмив, при якому відбувається повне руйнування сільськогосподарських угідь і формується яружно-балковий рельєф. Найнебезпечнішими з огляду на активізацію водно-ерозійних процесів в Україні є правобережжя Дніпра, Десни, Сейму, Сіверського Дінця, Донецька височина, хоч наслідки водної ерозії спостерігаються практично в усіх областях і регіонах України. Водна ерозія зумовлює вимивання значної частини родючого ґрунту, який, потрапляючи у водні об'єкти, забруднює їх.

Вітрова ерозія (дефляція) полягає у видуванні й перевідкладенні пиловатих (зрідка - дрібнопіщаних) частинок ґрунту і проявляється на розораних просторах степової і лісостепової зон, на переосушених територіях Полісся і Прикарпаття, проте найбільші площі дефляційних земель зосереджені на територіях Запорізької, Донецької, Херсонської і Луганської областей (по 350-400 тис.га в кожній). Значна частина ґрунту внаслідок дефляції потрапляє в атмосферу. Отже, ерозія ґрунтів глобально забруднює біосферу.

Захист ґрунтів від ерозії полягає в здійсненні організаційних, агротехнічних, лісомеліоративних та гідротехнічних заходів. Агротехнічні заходи передбачають регулювання поверхневого стоку талих і дощових вод, правильний обробіток ґрунту (оранка, культивація, посів поперек схилу), борознування, лункування для затримки стоку, обладнання території зливовідвідними борознами, застосування ґрунтозахисних сівозмін (насичення багаторічними травами, виключення просапних культур, полосне розміщення культур поперек схилів), залуження території.

Для боротьби з вітровою ерозією додатково накопичують вологу в ґрунті, створюють захисний рослинний покрив, впроваджують безвідвальний обробіток ґрунту (на поверхні залишається значна частина рослинних решток).

Лісомеліоративні заходи полягають у створенні лісонасаджень певного призначення: лісові й садові смуги (шириною 10-20 м) для захисту полів від вітрової ерозії та суховіїв; смуги для затримання і розподілення снігу; протиерозійні насадження на схилах уздовж балок ярів (шириною до 60 м); суцільне або часткове заліснення земель, непридатних для сільськогосподарського використання; лісові насадження на дні балок, ярів для закріплення русел, які чергуються із залуженими ділянками; водоохоронні насадження на берегах річок, озер, ставків, каналів для зниження замулення та розмиву.

Головною метою гідротехнічних заходів є створення гідротехнічних споруд (вали, тераси, канали та ін.), за допомогою яких перерозподіляють вологу в ґрунтовому профілі й на поверхні земель, відводять надлишкову вологу і поверхневий стік.

Вплив людини на природні процеси посилює тенденцію *аридизації* (лат. *aridus* - сухий) *суші* (поширення сухого клімату, для якого характерне недостатнє зволоження й високе випаровування при високій температурі повітря), яка може призводити до опустелювання, однак цей процес відбувається за будь-яких кліматичних умов, а його інтенсивність залежить від водного та теплового режиму.

Опустелювання - виснаження рідних та напіваридних екосистем під впливом діяльності людини та посух.

Сьогодні на Землі приблизно 900 млн. га займають пустелі та засушливі землі, 5-7 млн. га родючих земель щорічно вилучають з освоєння внаслідок опустелювання.

Значного збитку ґрунтам завдає засолення та вторинне засолення, яке спричиняє повну непридатність ґрунтів для сільськогосподарського використання. Засолюються ґрунти в усіх країнах Близького та Середнього Сходу, у зрошуваних районах Австралії, США, Мексики, Аргентини, України.

Засолення ґрунтів - процес накопичення розчинних солей (переважно хлористих, сірчаноокислих сполук натрію і магнію) у ґрунті, який спричинює формування солончакуватих (глибинне засолення) і солончакових (поверхнєве засолення) ґрунтів.

Скорочення площі сільськогосподарських угідь відбувається також внаслідок будівництва та розширення міст, населених пунктів, промислових підприємств, доріг. Антропогенна діяльність спричиняє хімічне забруднення ґрунту.

Хімічне забруднення ґрунту - зміна природного хімічного складу ґрунту внаслідок проникнення в ґрунт нехарактерних для нього речовин

або збільшення концентрацій природних речовин до величин, що перевищують норму.

Ґрунтам завдають шкоди два основні джерела хімічних забруднень:

- викиди підприємств промисловості, енергетики та автотранспорту;
- хімічні засоби захисту рослин та добрива, що використовуються у сільському господарстві.

Розподілення продуктів техногенезу на поверхні ґрунту зумовлено метеорологічними, топографічними, геохімічними факторами та характером джерел забруднення. Забруднення (миш'яком, свинцем, цинком, марганцем, залізом, сіркою), як правило, концентруються навколо промислових центрів та уздовж автомагістралей, а особливо навколо підприємств чорної металургії. У результаті роботи металургійного підприємства на поверхню ґрунту щорічно потрапляє не менше 150 тис. т міді, 122 тис. т цинку, 90 тис. т свинцю, 12 тис. т нікелю, 1500 т молібдену, 800 т кобальту, 31 т ртуті. Суперфосфатні заводи забруднюють ґрунт пилом, що містить залізо, мідь, миш'як, свинець, фтор.

Техногенні аномалії утворюються вздовж автомагістралей та в міських зонах, де особливо сильне забруднення свинцем (з вихлопними газами автотранспорту на земну поверхню потрапляє до 260 тис. т свинцю на рік), цинком, меншою мірою кадмієм та іншими металами. Ширина придорожніх аномалій свинцю досягає 100 м. Найбільше забруднена свинцем рослинність, що знаходиться на віддалі до 10 м від шосе, на висоті 1-2 м над рівнем поверхні (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Накопичення свинцю в ґрунтах уздовж автомагістралей, мг/кг

Глибина ґрунту, см	Віддаль від краю дороги, м					
	2,5	4,5	7,5	11,5	16,0	36,0
Трав'янистий покрив	13,9	12,2	14,9	7,7	4,6	3,3
0-6	772	410	118	74	54	40
6-12	464	28	78	14	22	24
12-18	36	18	16	16	16	18

Ґрунт має також властивість адсорбувати забруднюючі речовини з повітря. Доведено, що в середньому кожен квадратний метр поверхні за рік поглинає 6 кг забруднюючих речовин з атмосфери.

Хімічне забруднення ґрунтів спричиняє низку негативних явищ:

- зростання процесів ґрунтової ерозії;

- зміну структури ґрунту, зменшення його пористості;
- зниження водопроникності;
- погіршення водно-повітряного режиму;
- підкислення ґрунту;
- збільшення вимивання мінерального азоту, калію, заліза, фосфатів кальцію, легкоокислювальної органічної речовини;
- гальмування процесів трансформації азоту;
- пригнічення активності більшості ґрунтових ферментів - інвертази, уреази, каталази, фосфатази, що відіграють величезну роль у біогенних процесах ґрунту.

Отже, ґрунтовий покрив постійно змінюється, особливо під дією антропогенних чинників.

Земельний фонд України загалом становить 60,4 млн. га, сільськогосподарські землі займають приблизно 72 % території, з них сільськогосподарські угіддя - 69,3 %; у т. ч. рілля - 54,4 %; перелоги - 0,4 %; багаторічні насадження - 1,6 %; сіножаті - 3,8 %; пасовища - 9,1 %; лісові та інші насадження - 17,2 %; заболочені землі - 1,6 %; відкриті землі без рослинного покриву - 1,8 %; землі, вкриті водою, - 4,0 % . 159 тис. га займають радіаційно забруднені сільськогосподарські угіддя, що не використовуються в сільськогосподарському виробництві, 161,4 тис. га - порушені землі. Відбуваються постійні зміни в структурі і площах земельних угідь за рахунок вилучення орних земель для створення захисних лісових насаджень та полезахисних лісових смуг, будівництва протиерозійних гідротехнічних споруд та ставків-мулонакопичувачів, укріплення берегів, захисту сільськогосподарських угідь, рекультивації порушених земель, переведення сильно-еродованих, заболочених, підтоплених площ у сіножаті та пасовища, збільшення площі земель природоохоронного призначення. За останні тридцять років площа продуктивних земель в Україні зменшилася на 30 %.

Для України характерна висока розораність території, яка становить 57,1 % і перевищує екологічно обґрунтовані межі (розораність території США - 15,8 %, Великої Британії, Франції, Німеччини - від 28,1 до 31,8 %). Саме висока розораність територій, тобто екстенсивне ведення сільського господарства, спричинили деградацію ґрунтового покриву, призвели до порушення природних процесів ґрунотворення.

Комплексний моніторинг ґрунтів і реалізація заходів, спрямованих на їх відновлення, є необхідною умовою збереження родючості ґрунтів. Їх деградація може стати в майбутньому глобальною екологічною катастрофою, оскільки саме сільськогосподарське виробництво забезпечує людство продуктами харчування.

5.2 Шляхи надходження й особливості міграції забруднюючих речовин у ґрунті

Усі види забруднюючих речовин, потрапляючи в навколишнє природне середовище, включаються у природний кругообіг, 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 поведінки 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 рухоміші 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 $3,5 \cdot 10^6$ т свинцю, з яких $3,1 \cdot 10^5$ 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 палива, 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, 49 є особливо небезпечними внаслідок високої токсичності, надкумулятивності, стійкості. Пестицидами сільськогосподарські угіддя обробляють кілька разів на рік. Вони здатні мігрувати в рослини, воду, повітря, що небезпечно для людини. Одним з основних фізичних факторів, який визначає поведінку пестицидів у ґрунті, є сорбція (поглинання) ґрунтовими частинками, яка залежить від типу ґрунту, вологості, температури, хімічної природи пестициду. Для пестицидів характерні вертикальна та горизонтальна міграції, на які впливають сума та інтенсивність опадів. Пестициди здатні активно (до 20 % внесеної кількості) переходити в рослини. Інтенсивність переходу пестицидів з ґрунту в рослини залежить від сорбційної здатності ґрунту (чим більша сорбційна здатність, тим менший перехід), типу культури та будови і складу пестициду.

Зменшення з часом вмісту забруднюючих речовин у ґрунті та в рослинах визначається *періодом напіврозпаду речовини* - часом, необхідним для того, щоб препарат втратив не менше 95 % своєї активності за нормальних умов та звичайної інтенсивності застосування (табл. 5.2).

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

В Україні найзабрудненішими залишками пестицидів є ґрунти лісостепової зони. Тут також більша частка земель, що містять понаднормову кількість залишків фосфорорганічних сполук (умовна щільність забруднення в 1,4 рази 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 перемішувати 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.

Таблиця 5.2 - Період напіврозпаду (Т) забруднюючих речовин у ґрунтах

Сполуки	Період напіврозпаду
Сполуки миш'яку, свинцю, міді, ртуті	10-30 років
Інсектициди, ділдрін, ДДТ	2-4 роки
Триазинові гербіциди	1-2 роки
Гербіциди бензойної кислоти	40 днів-1 рік
Сечовидні гербіциди	4-10 міс.
Гербіциди 2,4 - Д та 2, 4, 5 - Т	40 днів-5 міс.
Фосфорорганічні інсектициди	2 тижні-3 міс.
Карбонатні інсектициди	2 тижні-1,5 міс.

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.

5.3 Наукові і організаційні засади створення ґрунтового моніторингу

Широкомасштабний екологічний моніторинг як система спостережень, оцінювання та прогнозування досліджуваного об'єкта, завданням якої є вироблення раціональних управлінських рішень, дає змогу отримати фактичні дані про стан і динаміку екосистем. Ґрунтовий моніторинг - складова загального екологічного моніторингу, якому приділяють велику увагу в розвинутих країнах.

Моніторинг ґрунтового покриву - система стійких спостережень, діагностування, прогнозування та вироблення рекомендацій щодо управління станом ґрунтів з метою збереження і відтворення їх родючості.

За масштабами спостережень та узагальненнями отриманої інформації виділяють локальний, регіональний і глобальний види моніторингу ґрунтів. Контролювання їх стану дає змогу отримати дані про

середовище або конкретну його складову в зонах активної виробничої діяльності людини.

Потреба у здійсненні моніторингу ґрунтів зумовлена винятковою важливістю підтримки компонентів природного середовища, зокрема ґрунтового покриву, в стані, за якого він зберігає здатність до регуляції циклів біофільних елементів як основи життєдіяльності людини та біосфери загалом. В усьому світі антропогенний чинник за останні десятиріччя значно посилив фізичну, фізико-хімічну, біологічну, ерозійну деградацію ґрунтів, забруднення екотоксикантами. Ґрунтовий моніторинг не тільки забезпечує контролювання антропогенних впливів, а й запобігає його негативним наслідкам.

Моніторинг ґрунтів усі розвинуті країни здійснюють на основі рекомендацій Організації Об'єднаних Націй з 60-70 років минулого століття, зважаючи на власні національні особливості. Як правило, ґрунтовий моніторинг проводять в проблемних регіонах.

Системи моніторингу основані на спостереженнях, дослідженнях, оцінюванні, прогнозуванні, оптимізації родючості ґрунтів, урожайності рослинності; особлива увага приділяється ерозії ґрунтів і опустелюванню.

Практика розвинутих країн свідчить, що ґрунтово-екологічний моніторинг як складова моніторингу довкілля дає змогу істотно підвищувати продуктивність ґрунтів, віддачу від засобів індустріалізації, поліпшувати якість сільськогосподарської продукції.

В Україні система спостережень за окремими складовими навколишнього середовища діє в гідрології, метеорології, агрохімії, ґрунтознавстві, лісівництві тощо. Однак системи відомчих засобів моніторингу стану ґрунтового покриву мають низку істотних недоліків: відсутність комплексної організації робіт на державному рівні (розрізненість та методична несумісність, відсутність позавідомчої мережі центрів розробки ґрунтово-екологічної інформації та алгоритмів її опрацювання; застарілість методичного та інформаційного забезпечення робіт на галузевих рівнях, відсутність еталонних зразків тощо).

Оперуючи наявною науковою інформацією про деградаційні процеси і вміст у ґрунті екотоксикантів, неможливо виробити чіткі управлінські рішення як на державному, так і на регіональному рівнях, оскільки вона лише частково відображає справжню сутність і масштаби природних та антропогенних процесів у ґрунтовому покриві.

Згідно з проектом Положення про державну систему моніторингу довкілля, моніторинг ґрунтів слід здійснювати за загальнодержавною і регіональними (місцевими) програмами, які визначають спільні дії центральних і місцевих органів виконавчої влади, узгоджені з метою і завданнями щодо охорони навколишнього середовища, екологічної безпеки та раціонального природокористування.

Завданням ґрунтового моніторингу є контролювання динаміки основних фізичних, хімічних, біологічних та інших ґрунтових процесів - у природних умовах та за антропогенних навантажень.

В Україні розроблена концепція ґрунтового моніторингу (В. Медведєв, Т. Лактіонов, 1992), згідно з якою мета моніторингу - отримання інформації для вироблення управлінських рішень щодо стабілізації і поліпшення якості ґрунтів, екологізації землеробства та досягнення кінцевого результату - розширеного відтворення ґрунтової родючості. Земельним кодексом України передбачено проведення моніторингу ґрунтового покриву як основи практичних заходів щодо екологічного оздоровлення ґрунтів. Такий моніторинг покликаний забезпечити:

- підтримання здатності ґрунтів до регуляції циклів біофільних елементів;
- контролювання і запобігання негативному розвитку процесів ґрунтоутворення, які проявляються в дегуміфікації, ерозії, переущільненні, підтопленні, засоленні тощо;
- поліпшення родючості ґрунтів, віддачі від меліорації і хімізації та підвищення якості сільськогосподарської продукції;
- вироблення критеріїв загальної оцінки сучасного стану ґрунтового покриву.

Об'єктами ґрунтового моніторингу є основні типи, підтипи (виділяють в межах типу ґрунту, вони якісно відрізняються за основними процесами ґрунтоутворення і є перехідними між типами), роди (виокремлюють в межах підтипу ґрунту за якісними генетичними особливостями, що формуються внаслідок впливу комплексу місцевих умов: складу ґрунтоутворюючих порід, хімізму ґрунтових вод), види (виділяють в межах роду, вони різняться за ступенем розвитку ґрунтоутворчих процесів: опідзолення, гумусування, засоленості) та різновиди (визначають за механічним складом верхніх ґрунтових горизонтів і ґрунтоутворюючих порід) ґрунтів, які обираються в межах ґрунтової провінції і максимально відображають мозаїчність (строкатість) ґрунтового покриву, всі види і рівні антропогенного навантаження.

Ґрунтова провінція - таксономічна одиниця в ґрунтово-географічному районуванні, яка позначає однорідні за складом і структурою ґрунтового покриву, сукупністю факторів ґрунтоутворення і можливістю господарського використання ґрунтів території.

Отримати необхідну інформацію для організації моніторингу можна з ґрунтово-картографічних матеріалів землеупорядних проектних установ, аналітичного і картографічного матеріалу періодичних агрохімічних обстежень, агрокліматичної інформації гідрометеослужби, відомостей наукових і проектних установ про ймовірні джерела забруднення ґрунтів тощо.

Постійними об'єктами контролю є природні об'єкти (ліси, заповідники), еталонні об'єкти високого рівня сільськогосподарського використання ґрунтів (держсортодільниці, варіанти стаціонарних дослідів, поля господарств, де запроваджено контурно-меліоративну систему землеробства), звичайні господарства.

Діяльність системи державного ґрунтового моніторингу контролюють Міністерство екології та природних ресурсів (визначення залишкової кількості пестицидів і важких металів на сільськогосподарських угіддях); Міністерство охорони здоров'я (спостереження за хімічним та біологічним забрудненням ґрунтів на території населених пунктів); Міністерство сільськогосподарської продукції (радіологічні, агрохімічні та токсикологічні спостереження за ґрунтами сільськогосподарського використання); Міністерство лісового господарства (визначення концентрації радіонуклідів токсичних речовин у лісовому ґрунті); Державний комітет гідрометеорології (визначення концентрації пестицидів, важких металів у ґрунті).

Забезпечує виконання завдань моніторингу ґрунтів низка організацій (рис. 5.2).

Відстежують мозаїчність ґрунтового покриття і рівні антропогенних дій в Україні 354 пункти спостереження (табл. 5.3).

Для автоматизованого оброблення даних і надання користувачам необхідної інформації створена головна станція з інформативно-обчислювальним комплексом (при УкрНДІ ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Соколовського) та дві базові станції: при УкрНДІ землеробства (Поліська) і при УкрНДІ захисту ґрунтів від ерозії (стєпова). Експедиційні, польові та аналітичні роботи здійснюють проектно-дослідницькі станції хімізації (локальні станції у ґрунтових провінціях).

Гідрогеологомеліоративні експедиції Держкомітету з водного господарства здійснюють моніторинг ґрунтів меліоративного фонду, іригаційної ерозії; гідрометеостанції забезпечують кліматичною інформацією і оцінюють післядію злив і пилових бур; УкрНДІ «Укрземпроект» та його філіали забезпечують вихідну інформацію і контролюють землевикористання; Укргеологія контролює забруднення порід і вод, геологічну та техногенну ерозію. Держсортмережа і дослідні станції надають для моніторингу спеціальні варіанти дослідів.

Обґрунтований вибір пунктів спостережень, їх репрезентативність відповідно до ґрунтово-географічного районування, комплексні спостереження і дослідження, їх координату й узагальнення передбачають науково-організаційні принципи організації ґрунтового моніторингу.

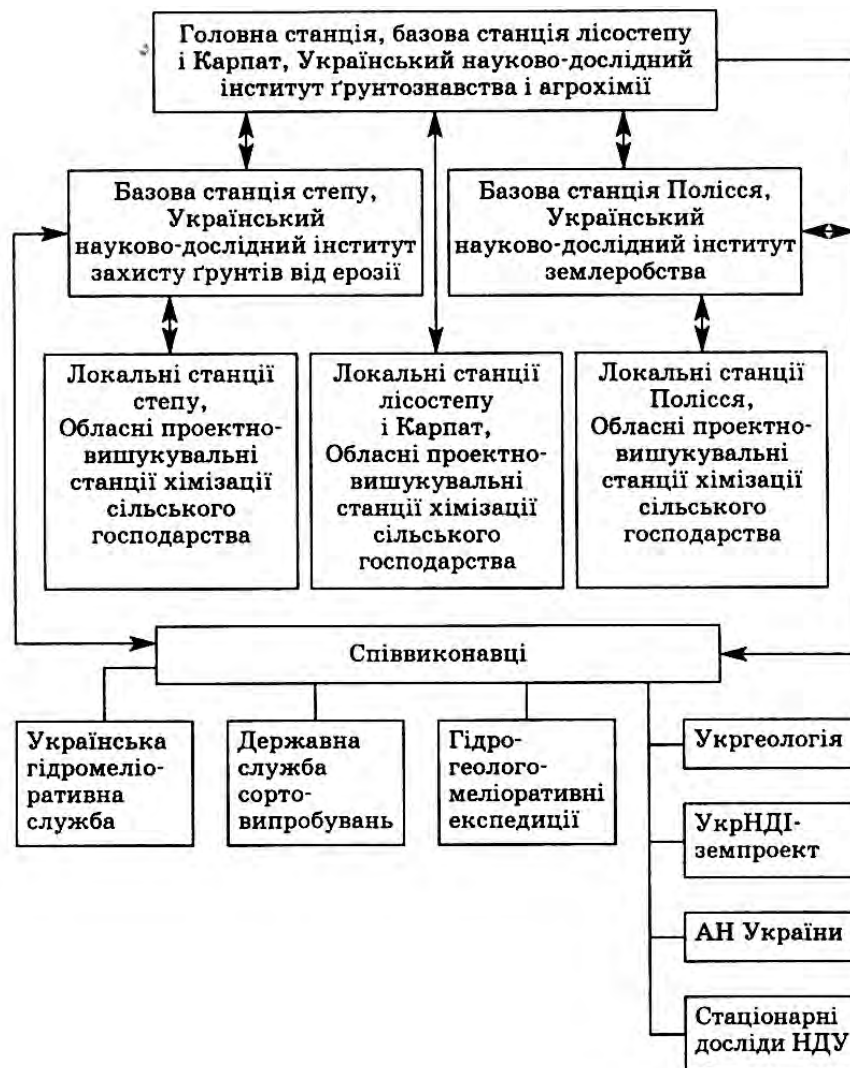


Рисунок 5.2 - Структура служби моніторингу ґрунтів

**Таблиця 5.3 - Кількість пунктів спостереження
грунтового моніторингу України**

Локальні станції (грунтові провінції)	Площа с.-г. угідь, млн. га		Кількість ґрунтових одиниць, що підлягають контролю			Кількість пунктів спостережень		
	Всього	В т.ч. рілля	Видів	Різно- видів	При- родні біоце- нози	Госпо- дарства	ДСУ	Дос- лідна мережа
Поліська базова станція (при УНДІЗ)								
Західно- поліська	1,64	0,88	30	51	34	71	10	6
Правобережно- поліська	1,60	1,09	28	42	32	56	12	6
Лівобережно- поліська	1,50	0,96	25	42	26	54	5	12
Лісостепова базова станція (при УНДІГА)								
Закарпатська	0,60	0,24	15	38	15	34	2	6
Перед- карпатська	0,61	0,36	28	64	22	46	2	9
Західно- лісостепова	2,35	2,00	41	85	29	127	18	6
Правобережно лісостепова	7,28	6,53	45	110	36	162	22	7
Лівобережно- лісостепова	6,00	5,00	36	84	41	158	14	6
Степова базова станція (при УНДІЗГЕ)								
Задні- стровська	0,98	0,77	17	22	-	108	3	6
Правобережно степова	3,69	3,04	19	30	2	197	9	36
Лівобережно- степова	7,69	6,3	24	39	3	232	14	136
Південно- сухостепова	4,22	3,53	28	56	10	396	8	108
Кримська	1,82	1,40	28	32	8	252	8	10
Всього	39,98	32,10	-	-	258	1957	127	354
Всього пунктів спостереження 2696								

5.4 Критерії оцінювання у ґрунтово-екологічному моніторингу

Складовою методичної основи ґрунтового моніторингу є система показників контролю, за допомогою яких можна впливати на стан і процеси в ґрунті, регулювати його родючість. Тому необхідним є

встановлення регіональних критеріїв гранично допустимих навантажень на ґрунт і ГДК різних забруднювачів та необхідних видів моніторингу.

Критерії оцінювання ґрунтово-екологічного моніторингу. Як ознака виконуваної оцінки, мірило для оцінки предмета чи явища, вони мають бути порівнюваними у часі й просторі і сприяти управлінню ґрунтовими процесами з метою створення оптимальних умов росту та розвитку сільськогосподарських культур. Це зумовлює низку обмежень при доборі критеріїв оцінки при моніторингу ґрунтів. Найважливішими умовами обрання певних критеріїв є незначна мінливість за відносно довгий проміжок часу під впливом природних факторів при одночасній можливості встановити коливання показників внаслідок дії антропогенних і техногенних факторів; наявність простої і зручної методики, що дає змогу визначити і кількісно оцінити показник; наявність функціональної залежності між критерієм і дією антропогенних факторів; просторово-часову його симетричність (ізотропність) (табл. 5.4).

Для об'єктивного інформаційного забезпечення і прийняття правильних рішень ґрунтовий моніторинг повинен забезпечувати вихідні, поточні та періодичні дані про основні характеристики ґрунтового покриву. Обов'язковими оціночними критеріями є гранулометричний та мінералогічний склад, дані гумусного стану ґрунту, оціночні дані формування режимів ґрунту.

5.5 Види ґрунтово-екологічного моніторингу

Залежно від характеру контролюваної інформації та поставленої мети виділяють (С. Веремеєнко) перспективний (періодичність спостережень 1 раз на 10 років), віддалений (періодичність спостережень 1 раз на 5-10 років) та оперативний (щорічні режимні спостереження) види моніторингу.

Перспективний та віддалений моніторинги дають змогу контролювати показники, що характеризують стан структурної частини ґрунту, оцінюючи яку, з'ясовують потенційну родючість. Ці показники (валовий, хімічний, мінералогічний, гранулометричний склад, вміст валових запасів та якісного складу гумусу, валові запаси азоту, фосфору, калію, мікроелементів, важких металів, радіонуклідів) малодинамічні, кількісно змінюються дуже повільно. Контроль за ними слід здійснювати не частіше, як один раз на 5-10 років.

Оперативний моніторинг забезпечує постійне спостереження за найбільш динамічними показниками (рухомі форми поживних елементів, рН, фізичний стан ґрунту, вміст рухомих форм важких металів), що зумовлюють рівень ефективної родючості та агроекологічний стан ґрунтів.

Таблиця 5.4 - Процеси, показники і методи ґрунтового моніторингу

№	Процеси, які контролюються	Показники	Глибина зразків, см	Періодичність визначень
1	2	3	4	5
1.	Зміна структури ґрунтового покриву і контроль землекористування	Змитість, дефльованість, залуженість, засолонцьованість, засоленість, мочаристість, оглеєність, елювійованість, намитість, гумусність, окультуреність, глибина органогенного (торфового) шару, ступінь цього розкладання і зольності, дренажність (осушеність), озалізненість, окарбоначеність осушених земель, вторинна насиченість і кислотність, зруйнованість і рекультивованість.	-	Раз на 15-20 років
	Трансформація земельних угідь за ґрунтовим покривом	Структура ґрунтового покриву земель, які вилучаються для несільськогосподарських потреб, і його оцінка в балах.	-	Щороку
	Контроль оптимальності землекористування	Площі рекомендованих і фактичних угідь.	-	Щороку
	Контроль оптимальності технологій	Рекомендовані фактичні види та дози органічних і мінеральних добрив, пестицидів, способи основного обробітку, протиерозійні заходи.	-	Щороку
	Контроль комплексної охорони ґрунтів (освоєння контурно-меліоративної організації території)	Організація територій, протяжність найпростіших гідротехнічних споруд, протяжність і висота лісових смуг, захищеність ділянки, %; площа постійного залуження, в т.ч. на зразкових агроландшафтах.	-	Раз на 5 років

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5
2.	Зміна основних властивостей і режимів			
	Гумусний стан	Загальний вміст гумусу. Вміст рухомих гумусних речовин.	0-20 30-40	Раз на 5 років Щороку
	Реакція ґрунтового розчину	pH водний. pH сольовий. Гідролітична кислотність.	30-40 30-40	Раз на 5 років
	Ємність вбирання	Ємність катіонного обміну (обмінні основи).	30-40	Раз на 5 років
	Водний режим	Вміст вологи.	0-100	3 03 по 01 місяць - подекадно, зима - раз на місяць
	Поживний режим	Визначення рухомих форм фосфору і калію в ґрунті.	0-20	Раз на 5 років
	Санітарний стан	Визначення нітратів у ґрунті. Рухомі форми важких металів. Вміст пестицидів у ґрунті і воді. Вміст нітратів у рослинах. Радіологічне обстеження: визначення вмісту стронцію-90; β-активності; γ- активності.	30-40 0-20 0-20 - 0-20 0-10, 10-20	Щороку Те саме Щороку Щороку
	Агрофізичні властивості	Рівноважна щільність. Структурно-агрегатний склад. Водопроникність.	20-40 20-40	Раз на 5 років
	Біологічна активність у ґрунті	Азотофіксація. Нітрифікація. Денітрифікація.	3 поверхні 0-20 30-40	Раз на 5 років Те саме

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5
		Активність пероксидази та інвертази. Сумарна біологічна активність.	30-40 30-40	Раз на 5 років Те саме
3.	Оцінка інтенсивності прояву процесів ерозії			
	Пошкодження угідь та посівів	Площа (га) в межах адміністративних районів, областей і в цілому по країні. Виділяють: ріллю, багаторічні насадження, природні луки й пасовища.	-	Щороку По мірі прояву
	Осередки й ареали поширення пилових бур	Площа (га) в межах адміністративних районів, областей і в цілому по країні.	-	Див. графу 3
	Кількість та інтенсивність зливових опадів	Атмосферні опади (мм) подекадно.	-	Щодня за період прояву ерозії
	Весняні рідкі й тверді стоки	Інтенсивність опадів (мм/хв) за теплий період. Матеріали снігомірної зйомки. Показники стоку за період танення снігу.	-	У період прояву ерозії
	Швидкість вітру при виникненні пилових бур і локальному прояві вітрової ерозії	Швидкість вітру (м/с) по восьми румбах (7, 13, 19 год за місцевим часом).	-	До і після прояву ерозії
	Облік динаміки покриття ґрунту рослинністю або її рештками	Площа і відсоток поверхні ґрунту, що вкрита рослинністю або її рештками.	-	У період прояву ерозії
	Зміна глибини гумусових горизонтів	Глибина (см) гумусового горизонту.	--	До і після прояву ерозії

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5
	Визначення зміни властивостей ґрунту під впливом ерозійних процесів	Вміст гумусу (вихідний, після впливу ерозії у ґрунті та наносі); якісний склад органічної речовини (в тих самих зразках). Вміст фосфору і калію. Структурно-агрегатний склад.	0-10 0-10 0-10	Те саме
4.	Визначення втрат ґрунту і води на стокових майданчиках Визначення втрат ґрунту на контрольних ділянках Визначення прогнозних втрат води і ґрунту при ерозійних процесах залежно від господарського використання і стану ґрунту Іригаційна ерозія Облік характеру пошкоджень поверхні ґрунту	Щільність складення ґрунту. Маса рідкого (м ³ /га) і твердого (т/га) стоку. Маса (т/га) втрат ґрунту. Маса рідкого (м ³ /га) і твердого (т/га) стоків; еколого-економічні збитки. Облік зруйнованої водою площі ґрунту. Облік маси (т/га) конусів виносу. Визначення інтенсивності прояву вітрової ерозії.	0-10 10-20 30-40 - -	Те саме У період прояву ерозії Те саме У кінці періоду прояву ерозії

Закінчення таблиці 5.4

1	2	3	4	5
	Стан ґрунтів мелора- тивного фонду			
	Якість вод для зрошення	Хімічний склад зрошуваних вод, концентрації забруднюючих речовин, активність іонів Ca, Na, H, NO ₃ , Cl, J; наявність радіоактивних сполук		Двічі на рік
	Рівень і склад підґрунтових вод	Глибина залягання підґрунтових вод, хімічний склад (pH, NO ₃ , Ca, Mg, Na, K); концентрації забруднюючих речовин (Cl, SO ₄ , HCO ₃).	-	Двічі на рік
	Засоленість ґрунтів і підґрунтя зони аерації	Вміст водорозчинних солей.	0-25, 25-50, 50-75, 75-99	Раз на 3-5 років
	Вторинне засолонцювання	Склад увібраних катіонів: активність іонів H, Ca, Na; розрахунок співвідношення Ca/Na, Na/Ca.	0-20 20-40	Раз на 5 років
	Вторинне озалізнєння осушених гідроморфних ґрунтів	Форми заліза	30-40	Те саме
5	Оцінка ефективної родючості земель	Якість рослинницької продукції: вміст азоту й сирого протеїну, нітратів, фосфору, масова частка калію, цукру в цукрових буряках. Вміст у харчових продуктах і кормах токсичних елементів: заліза, міді, свинцю, кадмію, цинку.	- -	Щороку

Система моніторингу ґрунтів, яка передбачає комплексне виконання перспективного, віддаленого та оперативного його видів, сприяє отримуванню об'єктивної інформації про гранулометричний, мінералогічний склад ґрунту, вміст у ньому гумусу; показники формування водного, температурного, поживного, окисно-відновного режимів та показники екологічного стану ґрунту (рівень еродованості, ступінь деградованості за рівнем забруднення важкими металами, пестицидами). На основі інформації про стан ґрунту розробляють заходи з управління продуктивністю ґрунтів, тобто підвищення їх родючості та поліпшення екологічного стану ґрунтового покриву.

5.6 Основні принципи спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунту

Негативні наслідки антропогенного забруднення ґрунтів проявляються як на регіональному, так і на глобальному рівнях. Тому розроблення програм спостережень за хімічним забрудненням ґрунту є актуальним завданням. Складання таких програм передусім потребує адекватної оцінки сучасного стану ґрунту та прогнозу його змін. Необхідну інформацію отримують за допомогою системи спостережень, яку здійснюють з метою виконання таких завдань:

- реєстрація наявного рівня хімічного забруднення ґрунтів; виявлення географічних закономірностей та динаміки тимчасових змін забруднення ґрунтів залежно від їх розміщення та технологічних параметрів джерел забруднення;
- прогнозування змін хімічного складу ґрунтів у майбутньому та оцінювання можливих наслідків забруднення ґрунтів;
- обґрунтування складу та характеру заходів щодо регулювання можливих негативних наслідків забруднення ґрунтів і заходів, спрямованих на корінне поліпшення забруднених ґрунтів;
- забезпечення зацікавлених організацій інформацією про рівень забруднення ґрунтів.

Зміст і характер проведення спостережень за рівнем забруднення ґрунтів та їх картографування у різних (сільських або міських) умовах мають певні особливості.

Залежно від завдань, які необхідно виконати, виокремлюють такі види спостережень:

1. Режимні спостереження (систематичні спостереження за рівнем вмісту хімічних речовин в ґрунтах протягом визначеного часу).
2. Комплексні спостереження (охоплюють дослідження процесів міграції забруднюючих речовин в системі «атмосферне повітря» - «ґрунт», «ґрунт- рослина», «ґрунт - вода», «ґрунт - відклади дна»).
3. Вивчення вертикальної міграції забруднюючих речовин в ґрунтах.

4. Спостереження за рівнем забруднення ґрунтів у визначених відповідно до запитів певних організацій пунктах.

На підставі спостереження за рівнем забруднення ґрунтів одержують інформацію не тільки про ступінь їх хімічного забруднення, а й з'ясовують тенденції розвитку процесів і прогнозують зміни забруднення під дією різноманітних факторів.

У зв'язку з нерівномірним забрудненням довкілля актуальним є закладення стаціонарних площадок екологічних досліджень у межах адміністративних районів за трьома методами. За першим методом як основу розміщення сітки стаціонарних площадок застосовують розу вітрів, орієнтуючись на 2-3 напрямки. На карту у відповідному масштабі в підвітряному напрямку наносять прямі лінії (протилежні напрямку вітру) з позначенням віддалей від джерела забруднення (0,5, 1, 5, 10, 20, 30, 50 км). У цих точках закладають постійні або тимчасові ділянки екологічних досліджень. Згідно з другим методом площадки екологічних досліджень розташовують на перетині ліній двокілометрової сітки на ґрунтовій карті. Відповідно до третього методу на ґрунтову карту наносять основний напрямок вітру та проводять радіуси відповідних румбів. Потім окреслюють дуги на віддалі 2, 3, 4, 5 км від джерела забруднення. Віддаль між радіусами повинна бути не більша як $22,5^\circ$. У точках перетину радіусів і дуг закладають стаціонарні площадки або відбирають проби.

Як правило, ґрунтові проби відбирають на віддалі 5-50 км від джерела забруднення по осі переносу повітряних мас, за переважаючими напрямками розсіювання викидів. У зонах дії основних автомагістралей проби відбирають в межах 10-200 м, селищних доріг – 5-50 м від дороги. Опорні розрізи закладають на глибині 2 м або до рівня ґрунтових вод, загальні розрізи - до глибини 30 см. Проби сухих ґрунтів відбирають у полотняні щільні мішечки, мокрі - в поліетиленові, які після доставки в лабораторію негайно сушать у приміщенні, що добре провітрюється, й аналізують.

Здійснення моніторингу ґрунтів у такий спосіб дає змогу виявити локальні ділянки забруднення ґрунтів і визначити рівень їх забруднення певними хімічними речовинами, встановити джерела забруднення ґрунту, дослідити міграційні особливості шкідливих речовин у ґрунті та розробити комплекс заходів, спрямованих на поліпшення екологічної ситуації.

5.7 Особливості організації спостереження і контролювання забруднення ґрунтів пестицидами

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 0,8х1,5х2,0 м) - глибокі шурфи, які перетинають усю серію ґрунтових горизонтів і відкривають верхню частину материнської породи. Перед відбором проб коротко описують місця розміщення розрізу і ґрунтових горизонтів (вологість, колір, забарвлення, механічний склад, структура, складення, новоутворення, включення, розвиток кореневої системи). Відбирають з кожного генетичного горизонту по одному зразку товщиною 10 см.

Відібрані будь-яким способом проби зсипають на папір, перемішують і квартують (послідовно ділять на чотири частини) 3-4 рази, ґрунт після квартування ділять на 6-9 частин, з центрів яких беруть приблизно однакову його кількість в крафт-папір. Маса зразка повинна становити 400-500 г. Його супроводжують такими даними: порядковий номер зразка, місце відбору, рельєф, вид сільськогосподарського угіддя, площа поля, дата відбору, прізвище того, хто здійснював відбір. Ці проби аналізують у природному вологому стані. Якщо протягом дня 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. 5.5) площі поля з огляду на різні категорії місцевості та ґрунтових умов.

Таблиця 5.5 - 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 пробою, 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 із значною мікрокомплексністю ґрунтового покриву та незначними 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.

5.8 Організація моніторингу забруднення ґрунтів важкими металами

Життєво важливою для населення є інформація про забруднення сільськогосподарських угідь важкими металами. Однак фундаментальні дослідження з цієї проблеми відсутні, а фрагментарні дані неоднозначні, нерідко суперечливі.

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

Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами в містах і їх околицях має експедиційний характер. Перед реалізацією польової програми таких спостережень визначають кількість точок відбору проб, складають схему їх територіального розміщення, планують польові маршрути і послідовність робіт, встановлюють терміни виконання робіт, формують топографічний матеріал і ґрунтові карти, проводять інвентаризацію джерел забруднення прилеглих територій.

Матеріал для аналізу рекомендовано 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.

При виборі ділянок спостереження вихідним документом є топографічна основа. Контури міста, промислового комплексу розміщують в центрі плану місцевості. Із геометричного центру за допомогою циркуля наносять кола на відстанях 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. На план місцевості наносять контури багаторічної «рози вітрів» за 8-16 румбами. Найдовший вектор, який відповідає найбільшій повторюваності вітрів, спрямовують у підвітряну сторону, 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 шириною 200-300 м поблизу джерел забруднення з поступовим розширенням до 1- 3 км. У місцях перетину осей секторів з колами розміщуються так звані ключові ділянки.

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

На цих ділянках розташовують мережу опорних розрізів, пункти і площадки 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 фактора. Ці закономір-

ності можна виявити за допомогою ґрунтово-геоморфологічних профілів, які перетинають усю територію вздовж переважаючих напрямків вітру.

Ґрунтово-геоморфологічний профіль - вузька, лінійоподібна смуга земної поверхні, на якій встановлена кореляція ступеня забруднення ґрунтів з одним або кількома екологічними факторами.

Комплексний аналіз інформації, отриманої з ґрунтово-геоморфологічних профілів і ключових ділянок дає змогу отримати цілісну характеристику ситуації щодо забруднень важкими металами. Техногенні викиди забруднюють ґрунтовий покрив через атмосферу і нагромаджуються в поверхневих шарах ґрунту, тому відбір проб проводять з 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.

З метою встановлення інтенсивності надходження важких металів у ґрунт щорічно відбирають проби снігу ранньою весною до початку підсніжного стоку талої води. З 1 га отримують 20-30 точкових проб, які утворюють об'єднаний зразок.

Реалізуючи програму спостережень за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами в містах, зважають на планування населеного пункту, рельєф місцевості, висоту будівель, розподілення атмосферних опадів і дощового стоку, частку в забрудненні території міста викидами автотранспорту та місцевих промислових підприємств. Відбір проб проводиться за мережею квадратів. З території 100 га відбирають 5-6 зразків на глибині 20 см.

В Україні 10-30-кратне перевищення ГДК важких металів виявлено в ґрунтах Донецько-Придніпровського промислового регіону і на околицях таких великих міст, як Харків, Одеса, Миколаїв та ін. На вміст промислових токсикантів у ґрунтах були обстежені 15 міст і 2 селища України. Максимальний вміст свинцю в ґрунтах - 94 ГДК - зафіксовано в Кривому Розі (в районі фабрики Північного гірничо-збагачувального комбінату), Костянтинівці (в районі заводу «Укрцинк») - 24 ГДК, Івано-Франківську - 20 ГДК, Іллічівську - 17 ГДК. Максимальний вміст кадмію в ґрунтах Костянтинівки був на рівні 18 ГДК, міді в ґрунтах Києва (в районі АТ «Більшовик») - 47 ГДК, а в ґрунтах Харкова - 15 ГДК.

Складання карт забруднення ґрунтів важкими металами. При дослідженні забруднення ґрунтів важкими металами складають спеціальні ґрунотовтехнімічні карти, де вказують не тільки типи, підтипи, види, різновиди ґрунтів, а й ступінь забруднення ґрунтів цими речовинами.

Карта забруднення ґрунту - топографічне зменшене зображення узагальненого математично визначеного розподілення забруднених ґрунтів на певній території.

Процес побудови карт забруднення ґрунтів передбачає:

- підготовку топографічної основи;
- розроблення шкали ступеня забруднення ґрунту;

- коректування ґрунтових контурів на базі польових обстежень;
- оформлення карти і допоміжних позначень, які характеризують умови забруднення ґрунту.

Оцінювання та картографування ступеня забруднення ґрунту різними інгредієнтами здійснюють за шкалою ступеня забруднення ґрунтів (у відносних одиницях: відношення ГДК концентрації забруднюючої речовини до наявної концентрації її у ґрунті):

- незабруднені ґрунти - менше 1 (для вирощування екологічно чистих продуктів);
- слабозабруднені ґрунти – 1-3 (землі для загального використання без обмежень структури посівних культур);
- середньозабруднені – 3-5 (землі для вирощування кормових культур);
- сильнозабруднені ґрунти - більше 5 (землі з обмеженим сільським призначенням).

Ускладнювати побудову цих карт може відсутність кількісних показників ГДК, оскільки їх нормативи розроблені не для всіх важких металів. Інколи для характеристики ґрунту використовують *кларк хімічного елемента* - показник, який відображає середній його вміст в незабрудненому ґрунті (табл. 5.6).

Таблиця 5.6 - Кларки хімічних елементів і їх ГДК в ґрунті

Елемент	Кларк, мг/кг	ГДК, мг/кг
Ванадій	100	-
Марганець	850	1400
Хром	75	100
Кобальт	8	50
Нікель	40	50
Мідь	20	100
Цинк	50	300
Селен	0,01	10
Кадмій	0,5	302
Ртуть	0,02	3
Свинець	10	2
Стронцій	300	1000

Використовують також карти з виокремленням таких екологічних класів ґрунтів: незабруднених, екологічно чистих; слабозабруднених (акумулятивні важкі метали III класу токсичності: барій, ванадій, вольфрам, марганець, стронцій); середньозабруднених (переважають

метали II класу токсичності: бор, кобальт, молібден, мідь, сурма, хром); сильнозабруднених (поширені метали I класу токсичності: миш'як, кадмій, нікель, ртуть, селен, свинець, цинк, фтор, берилій, талій); сильнозабруднених нітратами; радіоактивно забруднених.

Карти забруднення ґрунтів важкими металами відображають рівень забруднення, дають змогу прогнозувати процеси, які у них відбуватимуться. Карти супроводжуються пояснювальною запискою, в якій описуються фізико-географічні й метеорологічні умови регіону і характеризуються джерела забруднення. Кожному значенню шкали ступеня забруднення ґрунтів на карті відповідають певний колір і штриховка. Такі карти створюють для країн та Землі загалом.

З кожним роком площі ґрунтів, придатних для сільського господарства, скорочуються. Неправильне землекористування, забруднення промисловими, сільськогосподарськими і побутовими відходами посилюють деградаційні процеси в ґрунті. З метою отримання систематичної об'єктивної інформації про зміни стану ґрунту, виявлення їх причин і тенденцій розвитку, оптимізації впливу людини на ґрунтовий покрив формують систему моніторингу стану ґрунтів. Його здійснюють за допомогою відповідних служб на визначених об'єктах контролю, він є найдоцільнішою системою науково-інформаційного забезпечення природоохоронних і управлінських рішень.

6 ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НА МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЛЯХ

Меліорація земель як комплекс організаційно-господарських і технологічних заходів є важливим фактором соціально-економічних перетворень, що впливає на розвиток агропромислового комплексу, народного господарства загалом. Як складова оптимізації природного середовища вона спрямована на поліпшення земельних угідь з метою оптимального використання природного потенціалу ґрунтів і передбачає зрошування, осушування, дехімізацію та інші заходи. Однак меліорація може спричиняти і негативні явища та процеси: пересушування або перезволоження земель; розвиток небажаних інженерно-геологічних процесів; недостатній приріст урожайності сільськогосподарських культур. Тому необхідні отримання систематичної об'єктивної інформації про всі зміни на меліорованих територіях, аналіз їх причин і тенденцій розвитку, прогнозування меліоративного стану і його оптимізація, тобто створення системи меліоративного моніторингу.

6.1 Завдання та схема меліоративного моніторингу

Меліоративний моніторинг - система спостережень, оцінювання, прогнозування та прийняття рішень з метою оптимізації меліорованих земель і прилеглих до них територій.

Основними завданнями меліоративного моніторингу є:

- вивчення закономірностей багаторічного природного і трансформованого меліоративною діяльністю людини рівневого та гідрохімічного режиму й балансу ґрунтових вод;
- вивчення режиму вологості ґрунтів та порід зони аерації;
- вивчення змін гідрогеологічних, гідрологічних та інженерно-геологічних умов на меліорованих землях і прилеглих до них територіях;
- аналіз та узагальнення гідрогеолого-меліоративної інформації з метою оцінки фактичного стану осушуваних та зрошуваних земель, визначення ступеня меліоративного впливу на навколишнє природне середовище;
- гідрогеологічне прогнозування.

Окремі блоки та прямі і зворотні зв'язки між ними (рис. 6.1) формують систему моніторингу меліорованих земель. Блок «Спостереження» передбачає вибір індикаторних елементів і параметрів меліоративного стану земель, що підлягають спостереженню та оцінюванню. Блок «Оцінка фактичного стану меліорованих земель» оснований на порівняльному аналізі наявного меліоративного стану осушених або зволжених земель з оцінними критеріями для з'ясування ступеня несприятливих відхилень у меліоративній ситуації. Важливим елементом

блоку є обрання науково обґрунтованих критеріїв, які повинні диференціювати меліоративний стан земель залежно від дії осушувальної або зрошувальної мережі й нормативно обґрунтувати напрями його оптимізації.

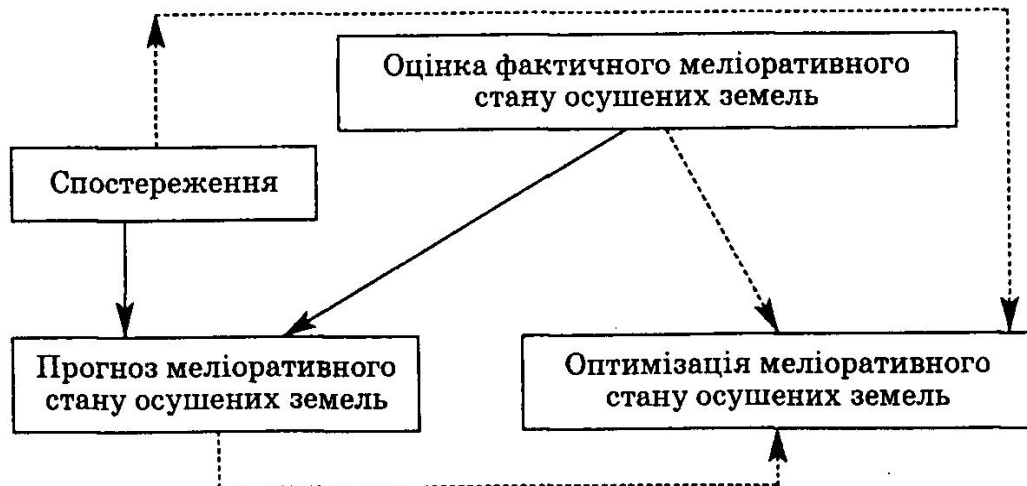


Рисунок 6.1 – Меліоративний моніторинг земель

Блок «Прогноз стану меліорованих земель» базується на інформації про стан меліоративних земель натеper і в минулому. Першочергове значення має прогнозування глибини залягання ґрунтових вод, яке є головним критерієм завчасної оцінки меліоративної ситуації й основою для розроблення і оперативної реалізації необхідних експлуатаційних заходів з метою регулювання водного режиму території. При прогнозуванні рівнів ґрунтових вод необхідне встановлення ступеня і особливостей впливу меліоративних заходів на прилеглі землі з тим, щоб зміни в натурально-природній ситуації не порушували екологічної рівноваги.

Реалізуючи блок «Оптимізація меліоративного стану земель», необхідно виявити й ідентифікувати процеси та явища, що порушують нормальне функціонування меліоративних систем, і визначити заходи, які сприятимуть оптимізації становища.

Блоки «Спостереження», «Оцінка стану меліорованих земель», «Прогноз стану меліорованих земель» формують інформаційну систему моніторингу, а блок «Оптимізація меліоративного стану земель» - систему управління.

Система меліоративного моніторингу зорієнтована на накопичення необхідних обсягів порівнюваної інформації, оцінювання наявної меліоративної ситуації, її прогнозування та прийняття рішень із питань оптимізації.

6.2 Еталонні об'єкти і методика організації еколого-меліоративного моніторингу

Контролювання і аналізування змін, які відбуваються в природних комплексах внаслідок дії меліоративних заходів, може забезпечити організація *еколого-меліоративного моніторингу* - системи комплексних спостережень, оцінювання та прогнозування стану природного середовища на меліорованих і прилеглих землях, а також загальних спостережень за ситуацією на території водозбору.

Еколого-меліоративний моніторинг може бути локальним, регіональним і національним. Ці види є складовими глобального біосферного моніторингу, який комплексно оцінює зміни в природних комплексах внаслідок антропогенної дії.

На локальному рівні основну увагу приділяють отриманню безпосередніх характеристик стану земель, параметрів складових геологічного середовища і режиму його функціонування. Локальний еколого-меліоративний моніторинг забезпечує гідрогеологомеліоративна служба, а спостереження і дослідження проводяться спільно із зацікавленими проектними й науково-дослідницькими організаціями за єдиною методикою.

На регіональному рівні вирішують питання оцінювання просторово-часової мінливості параметрів *геологічного середовища* (багатокомпонентної динамічної системи, що охоплює верхню частину літосфери, яка перебуває під техногенним впливом (рельєф, ґрунти, підземні води, форми прояву екзогенних геологічних процесів)), формують бази даних регіонів, нормативно-довідкову і нормативно-методичну базу галузі у складі регіональних центрів моніторингу. Результати узагальнень передають у національний і галузеві центри.

На національному рівні узагальнюють інформацію по галузях загалом, формують бази даних галузевого центру моніторингу, розробляють заходи та координують роботи з іншими відомствами — суб'єктами державного моніторингу довкілля, міжнародними центрами екологічного моніторингу.

Загальне оцінювання впливу меліорації на природні комплекси здійснюється за допомогою:

- порівняння даних про стан природних комплексів у природних умовах (до проведення меліорації) і в техногенних умовах (через 3-5 років після введення осушуваного або зрошуваного об'єкту меліорації в експлуатацію);
- порівняння інформації про стан природних комплексів за техногенних умов з аналогом, розташованим поза зоною впливу меліорації (на прилеглих зонах);

- встановлення фактичної зони впливу меліорації на прилеглі землі і порівняння з проектною (прогнозованою).

Антропогенний вплив меліорації на природні комплекси призводить до змін:

- режиму рівня ґрунтових вод (РГВ) на гідромеліоративних системах і прилеглих територіях;
- режимів стоку води на водотоках і у водоприймачах при їх регулюванні;
- водного, сольового, окисно-відновного і поживного режимів ґрунтів;
- напрямку природних ґрунтоутворюючих процесів;
- природної родючості ґрунтів, забруднення вод і ґрунтів добривами і пестицидами;
- спотворення і часткової ліквідації природних ландшафтів;
- видового і кількісного складу флори та фауни, характерних для природних екосистем.

Ефективність еколого-меліоративного моніторингу значною мірою залежить від точності вибору і обґрунтування об'єкта досліджень, яким може бути еталонна (типова) осушувальна або зрошувальна система, що у достатньому обсязі характеризує весь комплекс природних умов, а також різновиди способів осушення (зрошування тощо), рівня експлуатації сільськогосподарських меліорованих земель, включаючи і природоохоронні заходи.

При типізації меліоративних систем загальними природними ознаками для виокремлення еталонних систем є: водозбір річки, рельєф, ландшафт, типи водного живлення, ґрунтовий покрив, наявність або відсутність постійних водних джерел для зволоження.

Об'єкти спостережень і досліджень (еталонні системи) обирають не лише за природними факторами, а й за антропогенними, вдаючись до типізації, вибору типу і виду меліоративної системи певного класу, характерного для тієї чи іншої таксономічної одиниці природного районування. Основними таксономічними одиницями, які обумовлюють вибір еталонних систем за природними факторами, є водозбори річок.

6.3 Моніторинг екологічного стану зрошуваних та прилеглих до них земель

Поширеним видом меліорацій є *зрошення* - штучне зволоження ґрунту з метою забезпечення необхідного водного та пов'язаного з ним теплового режимів на сільськогосподарських землях, які зазнають дефіциту вологи, для успішного розвитку вирощуваних культур. Цей вид меліорації впливає на екологічний стан зрошуваних і прилеглих до них земель, а отже, з метою оцінювання і прогнозування змін, що відбуваються

на цих територіях, необхідно запроваджувати еколого-меліоративний моніторинг.

Еколого-меліоративний моніторинг зрошуваних і прилеглих до них земель передбачає здійснення спостереження за:

- еколого-меліоративним станом земель і динамікою його мінливості.

При цьому визначають рівневий і гідрохімічний режими ґрунтових та підземних вод, водно-сольовий режим ґрунтів і порід зони аерації, окисно-відновний і поживний режими ґрунтів, поширення й інтенсивність розвитку негативних геоекологічних та ґрунтоутворюючих процесів, стан забруднення ґрунтів і підземних вод;

- технічним станом зрошувальних та колекторно-дренажних систем спостережної мережі;

- кількістю та якістю поливних і дренажно-стічних вод.

У районах зрошуваного землеробства потрібний більше докладний облік впливу зрошення, засобів хімізації й інших факторів на родючість ґрунтів, урожайність і якість одержуваної продукції, мінералізацію й забруднення поверхневих і ґрунтових вод.

Завдання моніторингу полягає в контролюванні, оцінці, прогнозуванні й керуванні станом основних показників родючості ґрунту й гідрогеологічного середовища з метою одержання високих і сталих урожаїв достатньої якості при мінімальних витратах води й добрив на одиницю продукції, а також запобігання забрудненню навколишнього природного середовища.

Моніторинг, що здійснюється на базі тривалих стаціонарних дослідів і спеціальних полігонів, доцільно супроводжувати лізіметричними та мікропольовими дослідями з міченим азотом.

Агроекологічний моніторинг проводять у всіх зонах зрошуваного землеробства з врахуванням внутрішньозональних ґрунтових і гідрогеологічних особливостей. Набір контрольованих показників у різних ґрунтово-кліматичних зонах може варіювати.

Для вивчення динаміки вмісту рухливих форм елементів живлення в ґрунті ґрунтові зразки необхідно відбирати в основні фази розвитку тих або інших культур. Вміст нітратного й амонійного азоту визначають у шарах 0-30, 31-40, 41-60, 61-80, 81-100 см. Спочатку й наприкінці вегетаційного періоду вміст нітратного азоту визначають і в більш глибоких шарах (100-120, 121-140, 141-160, 161-180, 181-200 см, або ж до рівня ґрунтових вод при близькому їхньому стоянні).

Вміст рухливого фосфору й калію по основних фазах розвитку фіксують у шарах 0-30 і 31-40 см. Вміст рухливого фосфору й калію, форми цих елементів і ступінь їхньої рухливості в зазначених шарах ґрунту й до метрової глибини вимірюють на початку й наприкінці вегетації першої й останньої культур сівозміни.

Вміст рухливих форм мікроелементів, фтору й важких металів, нітрифікаційну здатність і біологічну активність ґрунту, вміст легко гідролізованого азоту діагностують в орному шарі ґрунту на початку активної вегетації культур.

У зонах поширення засолених ґрунтів на початку й наприкінці періоду вегетації знаходять загальний вміст водорозчинних солей і склад їх у шарах 0-30, 31-40, 41-60, 61-80, 81-100 см або до границі ґрунтових вод (при глибині їхнього залягання 1,5-2,0 м). При більших глибинах стояння ґрунтових вод (3-4 м і більше) виміри проводять у спеціальних шпарах. У відповідності з фазою розвитку культур визначають загальний вміст солей, їхній склад (у тому числі вміст нітратів). При наявності дренажної мережі фіксують ступінь мінералізації й склад солей, вміст живильних речовин, залишкову кількість пестицидів у дренажних водах.

У зонах поширення солонцюватих ґрунтів і солонців після проведення спеціальних меліоративних прийомів (внесення гіпсу або фосфогіпсу, плантажна або триярсна оранка й інші заходи) на початку й наприкінці вегетації встановлюють вміст обмінного натрію в мг-екв/100г и в відсотках від ємності поглинання в шарах 0-30, 31-40 і 41-50 см.

Кислотність ґрунту (рН водної й сольової витяжок) в орному шарі вилужених чорноземів, сірих лісових і дерено-підзолистих ґрунтів варто оцінювати на початку вегетації.

При вирощуванні сільськогосподарських культур за технологіями, що передбачають застосування пестицидів, наприкінці вегетаційного періоду в орному шарі ґрунту діагностують вміст залишків цих препаратів і їхніх метаболітів.

Об'ємну масу орного шару ґрунту співвідносять із початком і з кінцем вегетаційного періоду й визначають по ґрунтовому профілю до глибини 100 см. При цьому враховують тривалість ротації сівозміни. Мікроагрегатний склад орного й підорного шарів (0-30 і 31-50 см) установлюють на початку вегетації першої й останньої культур сівозміни, а також культур, розташованих після люцерни й конюшини.

В умовах зрошення необхідний постійний контроль за вологістю ґрунту. Відбирають зразки пошарово через 10 см до метрової глибини в період появи сходів, потім через 7-10 діб у період вегетації й перед збиранням, а також перед і після поливу.

Валовий зміст N, P₂O₅ и K₂O, вміст гумусу, найменшу вологоємність (НВ), максимальну гігроскопічність, вологість стійкого в'янення, щільність твердої фази (питому масу) фіксують до глибини 1 м (в шарах 30-40, 41-60, 61-80, 81-100 см) на початку вегетації першої й наприкінці вегетації останньої культур сівозміни.

Фракційний склад гумусу, ємність поглинання, склад обмінних основань, гідролітичну кислотність (у кислих ґрунтах), карбонатність, валовий вміст Ca, Mg, S, Al, Fe, мікроелементів, фтору, важких металів

визначають в орному шарі ґрунту на початку й наприкінці ротації сівозміни.

Для діагностики зазначених показників у необхідний термін за допомогою бура відбирають зразки ґрунту, за допомогою змішування п'яти індивідуальних зразків з орного шару й трьох з шарів, розташованих нижче. Вологість ґрунту визначають в індивідуальних зразках, узятих із трьох шарів на ділянці (полігоні).

Оцінюють також вміст макро- і мікроелементів у рослинах в основні фази їхнього розвитку; зміст в продукції рослинництва нітратів, нітритів, залишкової кількості пестицидів і їхніх метаболітів, фтору, важких металів.

Кількісне оцінювання еколого-меліоративного стану земель (загального стану геологічного середовища, що зазнало впливу меліорації) на певний момент часу проводять за комплексом гідрогеологічних, інженерно-геологічних і ґрунтово-меліоративних показників, а також показників забруднення ґрунтів і вод (ґрунтових, підземних, дренажно-скидних).

До гідрогеологічних показників належать: середня за вегетаційно-поливний період глибина залягання рівня ґрунтових вод (РГВ); глибина залягання РГВ у передпосівний період; мінералізація ґрунтових вод, їх гідрохімічний склад.

Інженерно-геологічні показники охоплюють коефіцієнт пористості орного шару, підорного шару і товщі порід, а також ступінь прояву екзогенних геологічних процесів.

При оцінюванні ґрунтово-меліоративних показників встановлюють ступінь засолення верхнього метрового шару і зони аерації (при РГВ до 5,0 м), ступінь солонцюватості ґрунтів, глибину залягання першого від поверхні сольового горизонту, глибину залягання солонцевого горизонту.

До показників забруднення належать загальне забруднення ґрунтових, підземних і скидних вод.

Для оцінювання прийнято шкалу - геометричну прогресію, що розширюється відповідно до погіршення еколого-меліоративного стану зрошуваних і прилеглих до них земель. За критеріями оцінювання обов'язкових показників виділяють п'ять категорій стану: добрий (0,2 бала); задовільний (1,0 бал); задовільний із загрозою погіршення (5,0 балів); незадовільний (25,0 балів); дуже незадовільний (125,0 балів).

Сумарну оцінку еколого-меліоративного стану зрошуваних і прилеглих до них земель виконують окремо за групами показників за середнім балом B_C , який розраховують за формулою:

$$B_C = \sum_{i=1}^n B_{i,m} / n = \sum_{i=1}^n 0,2 \cdot 5^{m-1} / n \quad (6.1)$$

де n - число показників, за якими виконують оцінку; m - порядковий номер категорії еколого-меліоративного стану $m = 1, 2, 3, 4, 5$; $B_{i,m}$ - бал i -го показника у категорії m (0,2-125,0 балів).

Інтегральне (підсумкове) оцінювання еколого-меліоративного стану наведено у табл. 6.1.

Еколого-меліоративний стан зрошуваних і прилеглих до них земель оцінюють щороку з метою отримання поточної і оперативної інформації, необхідної для ведення обліку меліоративного стану земель і еколого-меліоративного моніторингу. За результатами оцінювання розробляють заходи для запобігання розвитку негативних явищ на зрошуваних і прилеглих до них землях.

Прогнозування еколого-меліоративного стану зрошуваних і прилеглих до них земель виконують на основі оцінювання потенційної і фактичної стійкості земель.

Еколого-меліоративна стійкість землі - здатність геологічного середовища протистояти впливу зрошувальних меліорацій, враховуючи рівень техногенного навантаження.

Таблиця 6.1 - Інтегральна оцінка еколого-меліоративного стану

Оцінка окремого показника стану, бали	Середній бал, B_c	Еколого-меліоративний стан (якісна характеристика категорії)
0,2	До 0,4	Добрий
1,0	0,4-2,0	Задовільний
5,0	2,0-10,0	Задовільний з загрозою погіршення
25,0	10,0-30,0	Незадовільний
125,0	Понад 30,0	Дуже незадовільний

Потенційною еколого-меліоративною стійкістю земель вважають природно зумовлену здатність геологічного середовища протистояти дії зрошення. Вона характеризує максимально можливі зміни, що виникають під дією агротехнічного навантаження без запобіжних або природоохоронних заходів. Цю стійкість визначають на початку ведення моніторингу зрошуваних і прилеглих до них земель на основі оцінювання показників еколого-меліоративного стану.

Залежно від результатів оцінювання виокремлюють чотири категорії стійкості земель: стійкі (1,0 бал), умовно нестійкі (5,0 балів), нестійкі (25,0 балів), дуже нестійкі (125,0 балів). До першої категорії відносять землі з середнім балом стійкості менше 2; до другої - 2-10; до третьої – 10-30, до четвертої - понад 30 балів.

Фактична еколого-меліоративна стійкість земель вказує на ступінь трансформації геологічного середовища під впливом техногенних чинників на певний момент часу. Її оцінюють за показниками, що характеризують еколого-меліоративний стан земель і його зміни у часі з урахуванням рівня техногенного навантаження. За результатами оцінювання виокремлюють п'ять категорій фактичної еколого-меліоративної стійкості: стійкі (0,2 бала), умовно стійкі (1,0 бал), умовно нестійкі (5,0 балів), нестійкі (25,0 балів) і дуже нестійкі (125,0 балів).

До першої категорії відносять землі, де за розрахунками середній бал B_c не перевищує 0,4 бала; до другої - 0,4- 2,0; третьої - 2,0-5,0; четвертої - 5,0-10,0; п'ятої - понад 10,0 балів. Оцінювання фактичної еколого-меліоративної стійкості земель залежно від їх еколого-меліоративного стану та техногенного навантаження виконують щороку, за умови, що $B_c > 2,0$ балів і один раз на 4-5 років при $B_c < 2,0$.

Прогнозування еколого-меліоративного стану земель в умовах зрошення здійснюють шляхом зіставлення потенційної і фактичної еколого-меліоративної стійкості земель на різні періоди часу з урахуванням рівня техногенного навантаження на територію.

6.4 Моніторинг екологічного стану осушуваних та прилеглих до них земель

Одним з основних видів меліорації є осушення. Це комплекс заходів, спрямованих на попередження або ліквідацію негативного впливу води на господарську діяльність людей. Осушення дає змогу освоювати нові землі, підвищувати їх родючість, забезпечувати раціональне використання засобів механізації і хімізації. Об'єктами осушення у сільськогосподарських цілях є болота, заболочені і мінеральні ґрунти постійного або тимчасового перезволоження. В основі більшості осушувальних меліорацій лежить підсилення аерації ґрунту, забезпечення аеробних умов для розкладу органічної речовини. Цей вид меліорації суттєво впливає не тільки на екологічний стан осушуваних територій, а й на стан прилеглих до них земель.

На осушуваних землях основними процесами, що приводять до негативних екологічних наслідків, є забруднення рослинної продукції нітратами, а кормів надлишковою кількістю калію, забруднення ґрунту

важкими металами, пестицидами й іншими небажаними компонентами. Особливого значення набувають процеси руйнування органічної речовини, що спостерігаються, насамперед, на торф'яних ґрунтах. Руйнування органічної речовини приводить до її втрат, а також і втрат елементів ґрунтового живлення, обумовлює збільшення концентрації біогенних елементів, продуктів техногенезу в дренажних і ґрунтових водах, прилеглих водоймах.

Особливістю осушених ґрунтів є високий ступінь рухливості елементів живлення й пов'язане із цим більше інтенсивне вимивання їх у навколишні водойми й т.д.

Для осушених ґрунтів моніторинг повинен включати спостереження за станом і зміною їх у часі й у просторі, оцінку стану ґрунтового покриву й прогноз можливих його змін; розробку науково обґрунтованих прийомів регулювання стану ґрунтів і режимів, що безпосередньо визначають їхню родючість.

Оцінити екологічний стан об'єкта можна шляхом порівняння одержаної внаслідок польових, лабораторних і камеральних (науково оброблених матеріалів, зібраних під час польових і лабораторних спостережень) досліджень інформації із прийнятими за основу даними (базовими). Відхилення параметрів будь-якого компонента природного середовища на 30-35 % від базових у процесі антропогенного впливу на природний об'єкт є загальним екологічним обмеженням.

Екологічне обмеження - система кількісних і якісних параметрів екологічної стійкості природного об'єкта, зміна яких в результаті водогосподарської і меліоративної діяльності призводить до порушення системних властивостей, функціональних характеристик об'єкта і незворотних екологічних наслідків у відповідних ландшафтно-кліматичних умовах.

Екологічну оцінку будь-якого з підконтрольних факторів зумовлює відхилення від прийнятої за основу системи даних, які характеризують природний стан об'єкта:

- сприятливий стан (відхилення до 10 %);
- задовільний стан (відхилення не більше 30 %);
- незадовільний (відхилення більше 30 %).

Оцінку проводять з метою створення на осушуваних землях оптимального водно-повітряного режиму для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

У зв'язку з цим важливе значення має правильний добір критеріїв меліоративної спрямованості. Їх поділяють на дві групи.

До першої групи критеріїв належать:

Вологість кореневмісного шару. Практично для усіх культур, крім трав, оптимальною є вологість 60-75 % від повної вологості, а величина аерації – 20-40 %. Вологість кореневмісного шару в поєднанні з

повітряним режимом повинна забезпечувати біологічні потреби під час різних фаз розвитку рослин, оскільки це безпосередньо впливає на формування врожаю сільськогосподарських культур. Від водного режиму ґрунтів залежать терміни та умови обробітку ґрунту, особливо у весняний період.

Технічний стан осушувальної мережі. Найбільш руйнівний вплив на меліоративні споруди мають природні (розмиви укосів каналів; заростання і запливання каналів; зміщення дренажних труб; закупорювання дренажних ліній мулом, окисом заліза, корінням рослин; занесення каналів в процесі дефляції торфовищ) та антропогенні фактори (спорудження у каналах перепон; загат для риборозведення; переїздів та інших споруд, не передбачених проектом).

Вплив цих факторів значною мірою визначає технічні особливості регулювання водно-повітряного режиму осушуваних ґрунтів, можливість проведення сільськогосподарських робіт в оптимальні строки. Тому технічний стан осушувальної мережі є важливим критерієм оцінки меліорованого стану осушуваних земель.

Термін поверхневого перезволоження. При затопленні сільськогосподарських угідь порушується взаємозв'язок ґрунтового повітря з атмосферним, що призводить до загибелі кореневої системи рослин. Весняне затоплення затримує початок польових робіт і вегетаційний період, призводить до порушення процесів фотосинтезу, загибелі посівів озимих культур.

Культуртехнічний стан земель. Його характеризують такі показники, як мікрорельєф поверхні, зачагарникованість, забрудненість камінням та ін. Мікрорельєф поверхні впливає на рівномірність зволоження ґрунтів, терміни відводу гравітаційної вологи, графік проведення сільськогосподарських робіт. Інші показники культурнотехнічного стану визначають можливість використання меліорованих земель як сільгоспугідь.

До другої групи критеріїв відносять:

Рівень ґрунтових вод (РГВ), або верховодки. За ступенем участі ґрунтових вод у водному живленні рослин можливі три варіанти:

- РГВ залягають на оптимальній для росту і розвитку сільськогосподарських культур глибині;
- РГВ залягають близько від поверхні й спричиняють перезволоження кореневмісного шару ґрунтів;
- РГВ залягають дуже глибоко і не впливають на зволоження верхніх шарів ґрунтового покриву.

Оптимальні глибини залягання ґрунтових вод диференціюються залежно від кліматичних зон, ґрунтових різновидів, культур, періодів року. Рівень ґрунтових вод (верховодки) може використовуватись також як

критерій оцінки екологічної ситуації, тобто пересушення або перезволоження земель.

Рівень родючості і загальний екологічний стан ґрунтів. Для успішної меліорації земель необхідне окультурення ґрунтів з метою забезпечення їх високої родючості та стабільності. Ступінь окультуреності визначається за такими основними параметрами: потужність, структура і водно-фізичні властивості водного горизонту; вміст гумусу і його склад; ступінь насичення обмінними катіонами; реакція ґрунтового розчину; наявність мікроелементів.

Комплексну оцінку еколого-меліоративної ситуації на осушуваних землях забезпечує використання критеріїв меліоративної спрямованості в поєднанні з критеріями екологічної ситуації, до яких належать:

- наявність негативних процесів (деградація ґрунтового покриву; вторинне заболочування; дефляція, водна ерозія, усідання торфу; наявність самовиливних свердловин);
- хімічний склад підземних, дренажних, поверхневих вод і гідрохімічний режим земель;
- стан рослинності (густота травостою; наявність і площа залисин; стан сільськогосподарських рослин);
- якість сільськогосподарської продукції. Цей критерій є найважливішим, оскільки він пов'язаний з якістю життя і здоров'ям людей.

Оскільки осушування має суттєвий вплив на стан навколишнього природного середовища, у всіх проектах передбачають природоохоронні заходи, спрямовані на запобігання або мінімізацію негативних екологічних наслідків меліорації. Для успішного прогнозування таких заходів необхідний постійний моніторинг усіх ґрунтів, на які діють антропогенні чинники.

Оцінюючи позитивні і негативні процеси, що супроводжують меліорацію, необхідно проводити систематичні спостереження і контролювання змін, які відбуваються як на меліорованих землях, так і на прилеглих до них територіях. Для з'ясування ситуації на досліджуваних землях і отримання комплексної інформації, крім проведення звичайних спостережень, доцільно використовувати дані аерокосмічної зйомки, отриманої за допомогою супутників, космічних кораблів, літаків. Ці дані дають змогу розробити ефективні природоохоронні заходи по раціональному використанню водних і земельних ресурсів.

7 МОНІТОРИНГ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Практичне застосування енергії атомного ядра було важливим етапом науково-технічного прогресу, однак воно спричинило нові складні екологічні проблеми. Випробовування атомної зброї, вибухи атомних бомб над японськими містами Хіросімою та Нагасакі 6 і 9 серпня 1945 року, аварія на Чорнобильській АЕС 26 квітня 1986 року та інші радіоактивні аварії, розробки радіоактивних руд, поховання радіоактивних відходів тощо змінюють природний радіаційний фон та забруднюють радіоактивними речовинами біосферу.

Потрапляння радіоактивних ізотопів у довкілля супроводжується перевищенням природного рівня радіоактивності, призводить до погіршення здоров'я населення, а інколи - до генетичних порушень. З метою контролювання радіаційної ситуації на певних територіях створений радіаційний моніторинг, тобто система спостереження, попередження, оцінювання та прогнозування радіаційного стану довкілля.

7.1 Особливості радіологічної ситуації на території України

Внаслідок катастрофи на ЧАЕС була забруднена територія 74 районів в 12 областях України загальною площею 6,7 млн. га сільськогосподарських угідь, в т. ч. до 1 Ки/км^2 - 5,6 млн. га; $1 - 5 \text{ Ки/км}^2$ - 1 млн. га; $5 - 15 \text{ Ки/км}^2$ - 100 тис. га; понад 15 Ки/км^2 - 27 тис. га і 58 тис. га в зоні відчуження (Кюрі (Ки, Ки) - позасистемна одиниця активності радіоактивних ізотопів, $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$; Бекерель (Бк, Вк), $1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$).

У грудні 1991 року Верховна Рада прийняла закони України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок чорнобильської катастрофи» та «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок чорнобильської катастрофи». Відповідно до цих законів, у межах забруднених площ виділяють чотири зони:

1) зона відчуження - територія, з якої евакуйовано населення в 1986 р.;

2) зона безумовного (обов'язкового) відселення - територія, що зазнала інтенсивного забруднення довгоживучими радіонуклідами, з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 15 Ки/км^2 та вище, або стронцію від $3,0 \text{ Ки/км}^2$ і вище, або плутонію від $0,1 \text{ Ки/км}^2$ та вище, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити 5,0 мЗв (0,5 бер) за рік понад дозу, яку людина одержувала у доаварійний період;

3) зона гарантованого добровільного відселення - територія, що зазнала інтенсивного забруднення довгоживучими радіонуклідами, зі щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 5 до 15 Кі/км², або стронцію від 0,15 до 3,0 Кі/км², або плутонію від 0,01 до 0,1 Кі/км², де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити 1,0 мЗв (0,1 бер) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період;

4) зона посиленого радіоекологічного контролю - територія, що зазнала інтенсивного забруднення довгоживучими радіонуклідами, зі щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 1 до 5 Кі/км², або стронцію від 0,02 до 0,15 Кі/км², або плутонію від 0,005 до 0,01 Кі/км², де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити 0,5 мЗв (0,05 бер) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період.

Найбільше забруднені були території Київської, Житомирської, Чернігівської, Рівненської, Черкаської та Вінницької областей (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 - Забруднення цезієм-137 сільськогосподарських угідь в Україні (станом на 01.01.95 р.), га

Область	Всього	Щільність забруднення, кБк/м ²			
		До 37	37-185 (зона 4)	185-555 (зона 3)	Більше 555 (зона 2)
Вінницька	238 219	160 535	77 203	481	-
Волинська	161 562	155 170	6 327	65	-
Житомирська	618 035	291 065	237 965	42 676	9 869
Київська	1 537 000	1 276 100	212 600	31 600	16 700
Рівненська	288 734	134 189	310 886	10 661	-
Сумська	127 612	115 865	6 386	150	-
Тернопільська	93 822	83 436	10 386	-	-
Чернігівська	1 836 901	1 762 263	6 872	5 385	471
Чернівецька	135 517	118 231	1 744	475	-
Черкаська	1 326 090	1 209 200	110 300	6 514	54
Хмельницька	238 311	198 632	19 679	-	-
Івано-Франківська	92 362	71 277	19 163	933	-
Всього по Україні	6 694 165	5 575 963	1 034 911	98 940	27 094

Умовою проживання і трудової діяльності населення без обмежень за радіаційним фактором є отримання за рахунок забруднення території радіоактивними ізотопами додаткової дози, яка не перевищує рівня опромінення 1,0 мЗв (0,1 бер) за рік.

Специфіка радіологічної ситуації, що склалася на обширній території після Чорнобильської аварії, полягає в тому, що основною загрозою здоров'ю людини є не променева хвороба, а високі дози додаткового внутрішнього та зовнішнього опромінення, що призводить до розвитку різноманітних захворювань. Внутрішнє опромінення можна зменшити, знижуючи вміст радіонуклідів у сільськогосподарській продукції. Найнебезпечнішими забруднювачами сільськогосподарських угідь і продукції є стронцій-90 та цезій-137. Вони характеризуються високим періодом напіврозпаду та здатністю включатися в харчові ланцюги.

В Україні діють «Допустимі норми вмісту радіонуклідів цезію-137 і стронцію-90 в продуктах харчування, питній воді», згідно з якими вміст цезію та стронцію у харчових продуктах і питній воді повинен бути не вищим від річної ефективної дози внутрішнього опромінення 1 мЗв. Активність добового раціону людини за цезієм-137 та стронцієм-90 має бути не вищою, відповідно, 210 і 35 Бк/добу (табл. 7.2). Досягти цих нормативів можна, лише реалізувавши низку компенсуючих заходів.

Таблиця 7.2 - Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування згідно з регламентуючими документами, Бк/кг, Бк/л

Продукти	ДР-97 (Україна)		ДУА-96 (Росія)		РДУ-96 (Білорусь)		ВДУ-91 (СРСР)	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Картопля	60	20	320	60	100	3,7	590	37
М'ясо	200	20	160	50	370	-	740	-
Молоко	100	20	50	25	11	3,7	370	37
Овочі	40	20	130	50	100	-	590	-
Риба	150	35	130	100	370	-	740	-
Фрукти	70	10	40	50	370	-	590	-
Хліб	20	5	40	70	74	3,7	370	37
Яйця	6	2	5	3	22	-	45	-
Вода питна	2	2	8	8	18,5	0,4	18,5	3,7
Молоко згущене	300	60	200	100	740	-	1110	111
Молоко сухе	500	100	360	200	740	-	1850	185
Свіжі дикоростучі ягоди і гриби	500	50	500	50	370	-	1480	-
Сушені дикоростучі ягоди і гриби	2500	250	2500	250	3700	-	7400	-
Лікарські рослини	600	200	-	-	-	-	7400	-
Інші продукти	600	200	200	100	370	-	-	-
Спеціальні продукти дитячого харчування	40	5	40-100	30-60	37	1,85	185	37

Отже, людина у процесі діяльності змінює природний радіаційний фон, забруднює штучно створеними радіонуклідами довкілля і створює небезпечні ситуації для населення. З метою спостереження, оцінювання радіаційного стану довкілля і попередження негативних радіаційних змін, контролю за дотриманням норм радіаційної безпеки створена система радіоекологічного моніторингу.

7.2. Радіоекологічний моніторинг, його основні складові і завдання

Головним завданням радіоекологічних досліджень є комплексне оцінювання стану екосистеми, включаючи її дію на людину. Воно реалізується у процесі радіоекологічного моніторингу як складової загального екологічного моніторингу.

Радіоекологічний моніторинг - комплексна інформаційно-технічна система спостережень, досліджень, оцінювання й прогнозування радіаційного стану біосфери, територій поблизу АЕС, потерпілих від радіаційних аварій.

Головними завданнями радіоекологічного моніторингу є:

- спостереження та контроль за станом забрудненої радіонуклідами зони, її окремих особливо шкідливих ділянок та пропонування заходів щодо зниження шкідливості;
- моніторинг стану об'єктів природного середовища за одними і тими самими параметрами, які характеризують радіоекологічну ситуацію як у зоні забруднення, так і за її межами;
- виявлення тенденцій до змін природного середовища, спричинених функціонуванням екологічно небезпечних об'єктів і при реалізації заходів, що проводяться на забруднених територіях;
- з'ясування тенденцій до змін стану здоров'я населення, яке проживає на забруднених радіонуклідами територіях;
- інформаційне забезпечення прогнозу радіоекологічної ситуації в забрудненій зоні та країні загалом.

Радіологічний моніторинг реалізують у трьох напрямках: базовий (стандартний), кризовий (оперативний), науковий (фоновий).

Базовий радіоекологічний моніторинг здійснюють за допомогою мережі пунктів спостережень, яка охоплює всю територію країни, включаючи служби радіаційного контролю на ядерному виробництві.

Система *кризового радіологічного моніторингу* формується на основі діяльності територіальних служб спостереження і контролю радіоекологічних параметрів навколишнього середовища на територіях, де виникли несприятливі радіологічні ситуації.

Науковий радіоекологічний моніторинг реалізують координуючі структури на базі науково-дослідних закладів (підрозділів НАН України), які розробляють методи та програми радіологічних досліджень.

Радіологічний моніторинг, який здійснюється у розвинутих країнах, є підсистемою екологічного моніторингу і передбачає спостереження за гамма-фоном та здійснення постійного радіологічного контролювання небезпечних радіаційних об'єктів виробничо-господарської діяльності.

В Україні після катастрофи на ЧАЕС здійснюють радіоекологічний моніторинг основних складових довкілля на різних територіальних рівнях за характерними лише для нашої держави показниками. Так, в зоні забруднення (крім об'єкта «Укриття» та 30-кілометрової зони відчуження) здійснюється радіоекологічний моніторинг у різних напрямках: моніторинг ландшафтно-геологічного середовища з метою отримання базової інформації для оцінювання та прогнозування загальної радіоекологічної ситуації на забруднених радіонуклідами територіях і її впливу на екологічну ситуацію в Україні; моніторинг поверхневих і підземних водних систем; моніторинг природоохоронних заходів та споруд; моніторинг локальних довгочасних джерел реального і потенційного забруднення (об'єкт «Укриття», ставок-охолоджувач, пункти захоронення радіоактивних відходів, пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів); моніторинг біоценозів і заходів щодо використання природних угідь; медичний і санітарно-гігієнічний моніторинги.

Комплексний радіоекологічний моніторинг ґрунтується на інформації, отриманій внаслідок здійснення базових видів радіаційного моніторингу, яку використовують для вивчення об'єктів природно-техногенного середовища за допомогою спеціальних методів дослідження. Основними складовими радіоекологічного моніторингу є ядерно-радіаційний моніторинг, радіогеохімічний моніторинг, моніторинг поверхневих водних систем, радіогідрогеологічний моніторинг.

7.3 Методи радіаційного контролю

Достовірність і точність отриманої у процесі радіологічного контролю інформації забезпечує його системність. Система радіаційного контролю передбачає виконання таких послідовних етапів: вимірювання рівня радіації на місцевості (польова радіометрія, дозиметрія), відбір проб і підготовку їх до дослідження, визначення радіоактивності експресними методами, радіохімічний розподіл радіонуклідів, радіометрію виділених радіонуклідів, розрахунок активності. Методи радіаційного контролю поділяють на радіометричні, радіохімічні, спектрометричні. Як правило, використовують перші дві групи методів.

Радіометричні методи. До них належать польова радіометрія і дозиметрія, експресне визначення радіоактивності, радіометрія золи, радіохімічних препаратів.

Польова радіометрія і дозиметрія є першим етапом радіаційного контролю та моніторингу довкілля і об'єктів народного господарства, який передбачає отримання даних про радіоактивний фон та рівень радіоактивності середовища (сумарну інтенсивність саморозпаду радіоактивних елементів у середовищі, зумовлену природним фоном радіоактивності та радіоактивним забрудненням). Якщо польову радіометрію і дозиметрію проводять у звичайних умовах, можна одержати інформацію про рівень природного радіоактивного фону. Метод дає змогу вчасно виявити випадки підвищення рівня радіації та прийняти екстрені рішення про захист населення. Польова радіометрія і дозиметрія є основними методами контролювання радіоактивного забруднення продукції сільського господарства.

Спосіб, у який здійснюють польову радіометрію і дозиметрію, залежить від абсолютних величин радіації та розмірів площі, яку необхідно обстежити. Якщо площа обстеження мала, вимірювання можуть проводити дозиметристи без допоміжного транспорту. При обстеженні великих територій використовують спеціальні автомобілі, у яких змонтовані необхідні прилади (автозйомка). За необхідності вдаються до аерозйомки.

Експресні методи радіаційного контролю використовують для отримання оперативної інформації про ступінь радіоактивного забруднення об'єктів зовнішнього середовища, народного господарства.

Для експресних вимірювань питомої активності цезію-137 використовують двоканальні радіометри РУБ-01П6 (рис. 7.1), РКГ-05, РУГ-91, спектрометр «Прогрес-спектр», які дають змогу обчислювати участь калію в сумарній активності проби, тобто в радіоактивному забрудненні довкілля загалом.

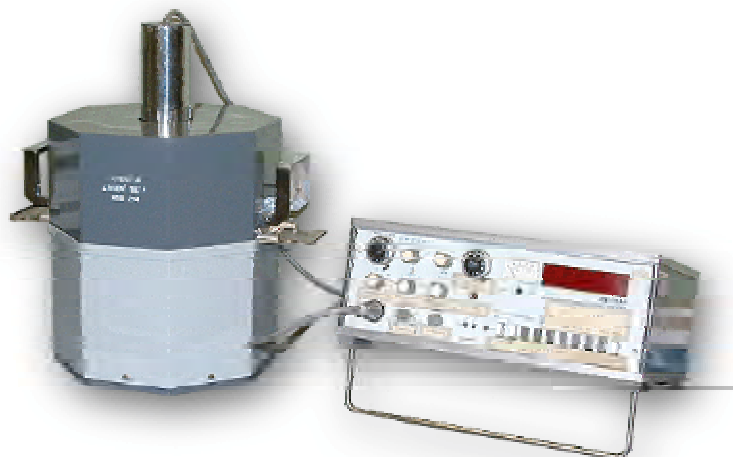


Рисунок 7.1 - Двоканальний радіометр РУБ-01П6

Радіохімічні методи. Їх використовують, дотримуючись певної послідовності: відбір і підготовка проб досліджуваних об'єктів; внесення носіїв та мінералізація проб; виділення радіонуклідів із проб; очистка виділених радіонуклідів від сторонніх нуклідів і супутніх макроелементів; ідентифікація і перевірка радіохімічної чистоти; радіометрія виділених радіонуклідів; розрахунок активності і висновки.

Відібрані радіологічними відділами зразки проб повинні бути типовими для досліджуваного об'єкта, а маса - достатньою для проведення радіохімічного аналізу (після озолення – 20-40 г) (табл. 7.3).

Таблиця 7.3 – Строки та норми відбору проб для дослідження на радіоактивність

Об'єкт	Строки відбору проб	Число проб	Маса, (об'єм) проб
Трава	Весна, літо, осінь	20-25	3-4 кг
Грубі корми	Осінь	20-30	2-3 кг
Силос, сінаж	Перед споживанням	10-15	4-5 кг
Коренеплоди	Осінь	10-15	3-6 кг
Концентрати	Постійно	20-30	2-3 кг
Молоко	Щоквартально	20	5-6 л
М'ясо	Весна, осінь	20	2-3 кг
Кості	Весна, осінь	20	0,5 кг
Свіжа риба	По мірі надходження	5	3 кг
Птиця	По мірі надходження	10	1 тушка
Яйця	По мірі надходження	10	10 шт.
Мед	-	10	0,2-1,0 кг
Вовна	-	5	0,2-0,5 кг
Вода	Весна, осінь	3	510 л

При відборі проб в контрольних пунктах вимірюють гамма-фон приладом СРП-68-01 (рис. 7.2) на відстані 0,7-1 м від ґрунту і 1-1,5 см від об'єкта (скирти, кагати, тушки тварин тощо). Дані про гамма-фон записують у супроводжувальному документі.

Застосування різноманітних методів радіаційного контролю дає змогу здійснювати виміри радіоактивності різних складових середовища, продукції тощо. Вибір методів залежить від мети радіаційного контролю.

7.4 Обстеження забруднених сільськогосподарських угідь і об'єктів ветеринарного нагляду

Радіоекологічну ситуацію, що склалася в агропромисловому виробництві внаслідок випадання радіоактивних речовин, характеризують за допомогою таких основних показників:

- потужність дози гамма-випромінювання;
- щільність забруднення сільськогосподарських угідь;
- вміст радіонуклідів в сільськогосподарській продукції.



Рисунок 7.2 - Радіометр СРП-68-01

Найоперативнішим способом визначення масштабів і ступеня радіоактивного забруднення сільськогосподарських угідь є гамма-зйомка місцевості. Вона дає змогу швидко визначити межі особливо забруднених територій, звідки можна очікувати надходження сільськогосподарської продукції з підвищеним вмістом радіонуклідів, а отже, необхідно організовувати її контролювання. Такі обстеження проводять за допомогою аерозйомки або наземних експедицій з використанням радіометричних приладів. Для заміру гамма-фону можна використовувати радіометри СРП-68-01, ДРГ-01Т (рис. 7.3), ДБГ-06Т та ін.

Гамма-зйомку сільгоспугідь проводять на висоті 1 м від поверхні ґрунту на кожному конкретному полі сівозміни за маршрутом з кроком 200 м. Початкові й кінцеві маршрути мають проходити на відстані не менше 50 м від межі поля. Дані гамма-зйомки фіксують на планах землекористування у масштабі 1 : 10 000. Результати обстеження наносять на карти у вигляді ізоліній, які обмежують території з заданими потужностями доз випромінювання.

На основі отриманої інформації обчислюють дози зовнішнього опромінення людей при проведенні робіт на забрудненій території. Відповідно слід розробити такий режим перебування на цих землях, який забезпечить працівникам радіаційну безпеку.



Рисунок 7.3 - Дозиметр ДРГ- 01Т

Одночасно з гамма-зйомкою місцевості вибірково відбирають проби з метою:

- встановлення фізико-хімічних властивостей радіоактивних речовин;
- виявлення «критичних» радіонуклідів, тобто найнебезпечніших з точки зору їх переходу в сільськогосподарську продукцію;
- визначення можливого ступеня забруднення продукції та реалізації заходів щодо обмеження її споживання.

Наступним етапом обстеження забруднених сільськогосподарських угідь є визначення щільності забруднення ґрунту. Для цього необхідно відібрати проби та провести спектрометричні та радіохімічні аналізи. Перед їх відбором визначають рівномірність розподілу радіоактивних речовин на досліджуваних полях за допомогою радіометрів, виокремлюють ділянки, щільність забруднення яких може бути охарактеризована однією пробой.

Проби ґрунту відбирають на орних та цілих землях літровим ґрунтовим буром з глибини 20 см методом конверта. На цілих землях проби можна брати за допомогою металевого кільця діаметром 15 см і висотою 5 см. При відборі проб буром ретельно перемішують усі проби з досліджуваного поля і методом квартування виділяють частину ґрунту для вимірювання. Проби ґрунту для аналізу беруть згідно з «Методичними рекомендаціями по відборі зразків ґрунту для радіоізотопного аналізу при обстеженні сільгоспугідь» (Київ, 1991), а також згідно з «Довідником для

радіоекологічних служб Мінсільгоспу України» (Київ, 1991). За результатами аналізів складають карти щільності забруднення окремими критичними радіонуклідами полів та пасовищ. Отриману інформацію використовують для планування агропромислового виробництва в забруднених районах.

Між щільністю забруднення ґрунту і гамма-фоном є пропорційний зв'язок, який можна визначити за формулою:

$$K = A_n / P_\gamma \quad (7.1)$$

де K - коефіцієнт пропорційності, A_n - щільність забруднення ґрунту, виміряна спектрометричним чи радіохімічним методом, P_γ - гамма-фон, виміряний у центрі площадки.

Для визначення середньої щільності забруднення ґрунту на площі 10 х 10 м беруть 10-15 зразків буром на глибині 20 см, а в центрі вимірюють гамма-фон. Визначають концентрацію радіонуклідів у кожному зразку, а потім обчислюють середню концентрацію за формулою

$$C_c = \frac{\sum_{i=10}^n C_i}{n} \quad (7.2)$$

де C_c - середня концентрація радіонукліду в ґрунті, Кі/кг; C_i - концентрація радіонукліду в i -тому зразку, Кі/кг; n - кількість зразків.

Щільність забруднення ґрунту можна розрахувати за формулою

$$A_n = 2 \cdot 10^8 \cdot C_c \cdot g, \quad (7.3)$$

де g - питома маса сухого ґрунту, г/см³.

Якщо в ґрунті міститься кілька радіонуклідів, то при визначенні концентрації якогось із них у формулу вводять поправку d

$$A_n = K \cdot d \cdot P_\gamma \quad (7.4)$$

де K - коефіцієнт пропорційності, Кі/км²/мР/год; A_n - щільність забруднення, Кі/км²; P_γ - гамма-фон, мР/год; d - поправка.

Поправку обчислюють за формулою

$$d = \frac{\sum C_i - C_{i-1}}{\sum C_i}, \quad (7.5)$$

де C_i - концентрація радіонукліду в ґрунті, Кі/кг.

У 1991 р. коефіцієнт пропорційності для орних земель встановлено 135 Кі/км² на 1 мР/год по ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs.

Для розрахунку щільності забруднення ґрунту можна також використати формулу

$$P = 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{AM}{mSn}, \text{ Кі/км}^2, \quad (7.6)$$

де A - активність зразка у день вимірювання, Бк; M - загальна маса зразка; m - маса зразка, взятого для аналізу; S - площа пробовідбірної пристрою, км²; n - кількість уколів ґрунту методом конверта для проведення спектрометричних та радіохімічних аналізів. Для перерахунку Кі/км² в КБк/м² отриманий результат перемножують на 37.

Вміст стронцію-90 в ґрунті визначають радіохімічним методом згідно з «Інструкцією для визначення стронцію-90 в пробах ґрунту на забрудненій території» (1987). Методи та частота, періодичність взяття проб, розміри рослин, маса зерна та інших продуктів регламентовані документами, опублікованими в «Довіднику для радіологічних служб Мінсільгоспу України» (Київ, 1997).

Згідно з чинним законодавством України обов'язковому радіаційному контролю підлягають: молоко, картопля, овочі, що виробляються в приватному секторі. Проходять радіаційний контроль також зерно, молоко, м'ясо, картопля, гриби, дикоростучі ягоди, овочі, фрукти та інша продукція, яка призначена для державного постачання або вільного продажу. Рослинницьку продукцію обстежують у період збирання врожаю. Обов'язковому щоденному контролю підлягає молоко, яке надходить на молокопереробні підприємства, та продукція, що переробляється на м'ясокомбінатах.

Найбільшу частку внутрішнього опромінення населення отримує зі споживанням молока і м'яса. Для визначення середньозваженої величини забруднення молока за певний період можна використати формулу:

$$Q_{cz} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (7.7)$$

де q_i - забруднення молока i -тої партії, яка надійшла на переробку за певний період (місяць, рік); m_i - кількість молока, що надійшла за цей період на переробку, л.

Аналогічно можна визначити середньозважену забрудненість будь-якого іншого продукту, виробленого на певній території за визначений проміжок часу.

На основі радіаційного моніторингу розробляють прогностичні моделі та прогнози розвитку радіологічної ситуації як наукової основи рекомендацій щодо захисту населення і навколишнього природного середовища від негативного впливу радіаційного забруднення.

Для здійснення радіаційного контролю об'єктів ветеринарного нагляду сформовані радіологічні відділи, основним завданням яких є контролювання стану об'єктів ветеринарного нагляду і продуктів сільськогосподарського виробництва. Спеціалізовані радіологічні групи відстежують гамма-фон на території ветеринарних лабораторій, базарів, на підприємствах м'ясної та молочної промисловості, забрудненість радіоактивними речовинами виробничих приміщень і складів, технологічного обладнання, транспорту. Радіаційний контроль здійснюють у двох формах: поточний та попереджувальний. Поточному радіаційному контролю підлягає продукція, яка надходить від сільськогосподарських підприємств і населення на зберігання, переробку або реалізацію через торгівлю. Попереджувальний контроль передбачає контрольні перевірки на місцях під час вегетації рослин для підтвердження правильності прогнозу вмісту радіонуклідів в очікуваному врожаї і для визначення вмісту радіонуклідів в рослинності пасовищ та зеленому кормі літнього періоду.

У разі аварій та інших екстремальних ситуацій система контролю спрямована на оперативне виявлення рівня і масштабів забруднення з метою вироблення і вжиття термінових заходів щодо ліквідації небажаних наслідків і захисту людей та довкілля.

Організація системи радіологічного моніторингу дає змогу контролювати радіоактивно забруднені території та продукцію, передбачати небезпеки, виробляти систему захисту від радіаційного випромінювання.

8 ФІТОСАНІТАРНИЙ МОНІТОРИНГ

Сучасний інтегрований захист рослин передбачає управління популяціями шкідливих організмів у межах конкретних агробіоценозів за допомогою застосування оптимальної для конкретних умов системи заходів з метою оптимізації фітосанітарного стану посівів.

Головною передумовою інтегрованого захисту рослин є фітосанітарний моніторинг і прогноз шкідливих організмів, який повинен представляти собою систему збору, накопичення, аналізу і використання фітосанітарної інформації з метою цілеспрямованого і оптимального проведення заходів захисту рослин.

Фітосанітарний моніторинг - це система спостережень і контролю поширення, щільності, інтенсивності розвитку та шкідливості шкідливих організмів.

Головна мета фітосанітарного моніторингу, як і будь-якої програми спостережень, - отримати необхідну інформацію для складання прогнозів і сигналізації розвитку шкідливих організмів та прийняття рішення по проведенню захисних заходів.

8.1 Методи виявлення та обліку шкідників та хвороб

По мірі збагачення знань і уявлень про шкідливі організми, цикли їх розвитку, шкідливі фази та характер пошкоджень відбувалось удосконалення методів їх виявлення та обліку. Також дослідники почали застосовувати для цього різні пристрої і прилади. Отже, існуючі методи виявлення та обліку шкідників і хвороб можна розділити на візуальні й інструментальні.

Візуальні методи засновані на безпосередньому огляді та підрахунках шкідників і пошкоджених ними органів рослин, інтенсивності ураження їх хворобами.

За технікою виконання вони можуть бути маршрутними або детальними, а залежно від того, які органи рослини пошкоджує шкідник чи уражує хвороба, діляться на спостереження в ґрунті, на його поверхні, на рослинах чи всередині окремих їх органів (стеблах, листках, квітках, плодах).

Маршрутні обстеження в основному застосовують для візуального виявлення заселеності поля тим чи іншим шкідником, ураженості рослин хворобами або встановлення їх територіального розміщення. При цьому на полі або іншому угідді не завжди підраховують кількість шкідників та уражених хворобою рослин, а відмічають тільки їх наявність.

Маршрутні обстеження проводять не менше як на 10 % площі, де окомірно встановлюють щільність шкідників і ураженість рослин хворобами.

Під час детального обліку визначають щільність шкідника і ступінь пошкодженості ним рослин, кількість рослин, уражених хворобою, та інтенсивність її розвитку, доцільність і методи тих чи інших заходів захисту.

Детальні обліки спеціалісти пунктів сигналізації та прогнозів проводять на пробних площах вибраних для цього полів систематично протягом вегетації рослин не менше, як через кожні 10 днів. Стежать за фенологією шкідників, сезонною динамікою їх щільності, ступенем ураження рослин хворобами та визначають строки появи шкідливих фаз і дають у господарства сигнали про доцільність проведення обстежень і захисних заходів на виробничих посівах.

Залежно від місця поселення шкідника та пошкодження ним різних органів рослин, як і ураження їх хворобами, методи обліку вибирають різні.

У ґрунті визначають щільність шкідників, що зимують або розвиваються в ньому і шкодять рослинам, живлячись корінням, стеблами та іншими органами (бурякові довгоносики, колорадський жук, личинки пластинчастовусих і хлібної жужелиць, дротяники, гусениці озимої, інших підгризаючих совок та ін.), методом ґрунтових розкопок.

Залежно від часу проведення розрізняють осінні, весняні (контрольні) й вегетаційні (періодичні) ґрунтові розкопки, а від глибини - мілкі (до 10 см), звичайні (до 45-50 см) та глибокі (на 65 см і глибше).

Основні ґрунтові розкопки проводять 15-30 вересня на всіх полях типової для господарства сівозміни.

На кожному полі по двох діагоналях або в шаховому порядку копають ями 50×50 см і глибиною до 50 см при звичайних розкопках, а на полях, відведених під цукрові буряки, де переважає сірий буряковий довгоносик, - до 65 см. Кількість ям на кожному полі встановлюють залежно від його розміру: при площі до 10 га копають вісім, 11-50 га - дванадцять, 51-100 га - шістнадцять ям. Якщо площа перевищує 100 га, то на кожних наступних 50 га додатково копають чотири ями.

Весняні контрольні розкопки проводять після відтавання ґрунту, коли він розсипається, з метою встановлення змін стану (смертності) шкідників за період зимівлі та їх щільності за методикою осінніх обстежень не менше, як на 10 % площ, обстежених восени.

Вегетаційні розкопки здійснюють у період вегетації сільськогосподарських культур для визначення щільності ґрунтових шкідників (дротяники, гусениці підгризаючих совок та ін.) і пошкодженості ними рослин. Як правило, ці розкопки мілкі - до 20 см, облікові ями розміщують так, щоб рядок рослин знаходився в їх середині.

Методом ґрунтових розкопок визначають також кількість шкідників, які зимують у ґрунті й пошкоджують кореневу систему багаторічних культур (сади, виноградники).

У плодкових садах у ґрунті визначають кількість зимуючих гусениць плодожерок, коконів пильщиків, лялечок п'ядунів та ін.

Облікові ділянки (1 кв. м) розміщують біля штамбів дерев, ґрунт переглядають на глибину до 20 см, а іноді й глибше.

Ураженість кореневої системи рослин хворобами (кореневі гнилі зернових, зернобобових культур і багаторічних трав, кила капусти та ін.) визначають декілька разів протягом вегетації. Такий облік доцільніший у фазі сходів, колосіння злаків або бутонізації у зернобобових культур та в кінці молочної - на початку воскової стиглості зерна.

Для цього на полі до 100 га в 10 місцях викопують рослини на ділянках довжиною 0,5 м у двох суміжних рядках, старанно відмивають корені від землі, оглядом виявляють і підраховують кількість рослин з різним ступенем ураження. На культурах широкорядної сівби викопують по 10 рослин залежно від площі поля у 10-50 місцях або відбирають по 20 рослин у 5-10 місцях.

На поверхні ґрунту шкідників обліковують на полях, вільних від рослин, чи при незначній їх вегетативній масі (у фазі сходів), а також виявляють шкідників або збудників хвороб, які зимують у рослинних рештках.

Восени цим методом встановлюють щільність клопів-черепашок на узліссях і в лісосмугах, личинок хлібних пильщиків та гусениць кукурудзяного стеблового метелика на полях після збирання врожаю, а навесні також кількість жуків бурякового, південного сірого і люцернового довгоносиків, мідяків і чорнишів та інших шкідників на сходах. Для цього на кожному обстежуваному полі вибирають облікові ділянки 50×50 см. Оглядом поверхні ґрунту та рослинних решток виявляють і підраховують шкідників.

Щільність гризунів (миші й ховрахи) на посівах польових культур визначають оглядом ділянки розміром 0,5 га на полях площею до 100 га і 1 га - на більших. Для цього уздовж або по діагоналі поля підраховують кількість колоній гризунів у смузі огляду 5 м на певну довжину.

Наявність у колоніях заселених нір встановлюють прикопуванням усіх отворів їх вдень і обліком відкритих наступного ранку. За даними обліків числа прикопаних і відкритих отворів визначають відсоток жилих нір.

На полях, де шкодить капустянка, восени в ями 50×50×50 см закладають гній і зверху присипають землею. Через деякий час взимку гній виймають, перетрушують і підраховують виявлених в ньому личинок чи дорослих капустянок.

Бурякових довгоносиків та інших великих жуків (люцерновий і чорний довгоносики, чорниші, жужелиці пластинчастовусі) іноді обліковують у ловильних канавках, їх викопують по краю поля після відтавання ґрунту глибиною 35 см із прямовисними або дещо похилими

(дно ширше верхнього просвіту) стінками і розміщеними через 10 м на дні колодязями глибиною 20 см. Шкідників, що збираються в колодязях канавок, підраховують щоденно, до встановлення необхідних строків проведення хімічного захисту рослин.

На рослинах наявність шкідників і хвороб виявляють оглядом певної кількості рослин у пробах або на облікових ділянках.

На просапних культурах (кукурудза, соняшник, буряки, картопля, овочеві та ін.) на полі площею до 100 га оглядають 100 рослин - по 5 у 20 місцях або у двох суміжних рядках у 10 місцях. При більшій площі на кожних наступних 100 га додатково оглядають по 50 рослин, а при малій щільності шкідника чи слабкому ураженні рослин хворобою - до 200 рослин у 20 місцях.

На культурах звичайної рядкової сівби (зернові колосові, кормові трави та ін.) шкідників обліковують на рівновіддалених ділянках розміром 0,25 кв. м (50×50 см), розміщених по 2-подібній лінії, діагоналях поля, у шаховому порядку чи на відрізках рядка 0,5 м кожний. На полі площею до 100 га виділяють 16 облікових ділянок або відрізків рядка, на яких підраховують загальну та пошкоджену кількість рослин чи стебел, а також заселеність шкідниками.

При обліку хвороб визначають поширення, інтенсивність або ступінь ураження і розвиток хвороби.

Поширення хвороби (кількість уражених рослин чи окремих їх органів у відсотках) визначають за формулою:

$$П_{ХВ} = n \times 100 / N, \quad (8.1)$$

де: $П_{ХВ}$ – поширення хвороби; N - загальна кількість рослин у пробі; n - кількість уражених органів (рослин), %.

Інтенсивність, або ступінь ураження рослин, - якісний показник хвороби, її визначають за площею ураженої поверхні органів, інтенсивністю інших ознак захворювання.

Для оцінки ступеня проявлення хвороби використовують окомірні умовні шкали, специфічні для ряду захворювань, з відповідною кількістю балів або визначають процент поверхні ураженої тканини (органу) облікової рослини.

При складанні балових шкал обліку хвороб дотримуються таких градацій:

- 0 - рослина здорова;
- 1 - слабе ураження органа або рослини;
- 2 - ураження середнє, сильно уражені органи не зустрічаються;
- 3 - ураження середнє, деякі органи або рослини уражені сильно;
- 4 - сильне ураження органів або рослин, їх загибель.

Під час обліку шкідників і хвороб у вогнищах (коренева бурякова попелиця, снігова плісень, офіобольозна коренева гниль тощо) визначають їх площу. Процент загибелі рослин на полі обчислюють як середнє арифметичне з процента загибелі по всіх пробних ділянках.

Методи обліку прихованих шкідників і хвороб залежать від характеру і місця пошкодження рослин. Для встановлення щільності внутрішньостеблових шкідників злакових культур (личинки стеблових блішок, гессенська, шведська, пшенична та інші мухи, хлібні пильщики тощо) на облікових ділянках чи відрізках рядка відбирають зразки рослин і відгинають у них піхви листків, де розвиваються личинки гессенської мухи, а потім розтинають стебло уздовж. Пошкоджені стебла та шкідників у них підраховують і встановлюють середню щільність по видах і пошкодженість рослин.

Пошкодження зернобобових культур плодопошкоджуючими комахами - гороховим та іншими зерноїдами, плодожеркою гороховою, вогнівкою тощо - та їх щільність визначають перед збиранням врожаю по відібраних у різних місцях поля 400 бобах, розлушуючи їх. Розтинають 2000 зернин із цих же бобів і встановлюють пошкодженість зерноїдами.

У багаторічних насадженнях (сади, виноградники, кущові ягідні культури) для обліку шкідників і хвороб на рослинах та в окремих їх органах не завжди оглядають все дерево або кущ, а лише певну кількість бруньок, суцвіть, пагонів, листків, плодів. Так у саду оглядом 100 бруньок в період їх розпускання на кожному модельному дереві встановлюють заселеність попелицями, кліщами і пошкодженість довгоносиками, бруньковою листокруткою та ін.

Ступінь ураження пагонів борошнистою росою, опіком чи молочним блиском визначають оглядом 100 молодих пагонів, а плямистість листя - 200 листків на кожному модельному дереві. Пошкодженість плодів шкідниками й хворобами встановлюють аналізом падалиці та 200 плодів з облікового дерева під час збирання врожаю.

Кількість стовбурних шкідників (червиці в'їдливої та пахучої, склівок, короїдів) підраховують у садах оглядом штаблів та скелетних гілок на модельних деревах і отворів з викидами червоточини або зрізуванням і розтином певної кількості пагонів (червиця в'їдлива, плодожерка східна, склівка смородинна). Одержані дані про щільність шкідника чи ступінь ураження хворобою умовно відносять у цілому на дерево і вираховують середні показники.

Інструментальні методи виявлення та обліку шкідників і хвороб сільськогосподарських рослин засновані на використанні різних пристроїв від найпростіших (типу ентомологічного сачка і ґрунтових пасток) до складних електронних приладів з підключенням мікрокомп'ютерів. Ними можна ефективніше і значно швидше визначити заселеність угідь тим чи іншим шкідником та виявити ураженість рослин хворобами.

Комах, що знаходяться в ґрунті й переміщуються по поверхні (бурякові довгоносики, жужелиці, чорниші, жуки ковалики та інші), обліковують за допомогою ґрунтових пасток (банки, склянки, циліндри); їх закопують так, щоб верхній край перебував на рівні ґрунту або дещо нижче. Зверху над ними для захисту від дощу і перегрівання сонцем встановлюють на кілочках кришки так, щоб між ними і банками був просвіт 3-4 см. Для фіксації комах, що потрапили в пастку, її на 1/3 заповнюють 2-4 %-ним розчином формаліну або етиленгліколем. Кількість ґрунтових пасток на обліковому полі в середньому становить 10. Відловлених комах підраховують щоденно.

Останнім часом розроблені конструкції пасток для обліку шкідників з використанням їх статевих феромонів (рис. 8.1).



Рисунок 8.1 – Пастка для виявлення і обліку шкідників плодових культур

Для виявлення й обліку комах на рослинах використовують ентомологічні сачки, які бувають роз'ємні, складні, із змінними комахозбірниками та інші. Вони в основному складаються із закріпленого на палиці довжиною 1 м металевого обруча діаметром 30 см, на який пришивають мішок, зшитий з легкої тканини, глибиною близько 60 см, що

закінчується сферичним дном, або конусоподібним краєм із змінним мішечком комахозбірника на кінці.

Сачком виявляють значну кількість дрібних або рухливих комах на рослинах (бульбочкові та листові довгоносики, земляні блішки, буряковий, люцерновий та інші клопи-сліпняки, цикадки, трипси, імаго злакових мух і пильщиків, попелиці та ін.).

Дослідник, рухаючись по полю, змахує попереду себе сачком, ніби косою, з кутом захвату 90°, проводячи краєм обруча по рослинах. Після 10 змахів він аналізує видовий склад шкідників на місці або висипає їх у морилку і аналізує у лабораторії.

Для обліку дрібних стрибаючих комах (цикадки, блішки) на низькорослих рослинах використовують ящик Петлюка. За формою він нагадує зрізану піраміду без дна і верху, виготовлену із фанери або іншого матеріалу, на внутрішній поверхні стінок якої закріплено шар вати. Розмір ящика вибирають такий, щоб облікова площа становила 0,1-0,25 кв. м. Наприклад, розмір бічної стінки знизу 316 мм, зверху 800, висота - 350 мм (основа 0,1 кв. м).

Під час обліку дослідник рухається проти сонця і в потрібних місцях швидко встановлює ящик меншим отвором на рядок рослин, з яких сполохують блішок. Вони потрапляють на стінки ящика і заплутуються на ваті, де їх легко вибрати пінцетом або ексгаустером і підрахувати.

Ексгаустером можна знімати і підраховувати дрібних комах (попелиць, трипсів) безпосередньо з рослин або з проб, взятих іншими методами.

Значна кількість приладів і пристроїв для виявлення і обліку шкідників зроблена із врахуванням реакції останніх на різні подразнення (колір або світло, температуру, запах та ін.). Так, попелиці добре реагують на жовтий колір, тому для їх обліку використовують жовті водяні пастки. Для цього в полі на підставках виставляють чашки Меріке, Петрі, блюдця чи інші плоскі посудини, пофарбовані у жовтий колір і наповнені водою. Обліковують відловлених у пастки комах щоденно.

Враховуючи, що для нічних комах припадає дія світла, для їх обліку використовують світлопастки різних конструкцій. Основні їх частини - джерело випромінювання світла, каркас та пристрої для збирання і фіксації або вбивання комах.

З урахуванням фото- або термотаксисів для автоматизації вибирання й обліку шкідників із рослинних чи ґрунтових проб використовують еклектори різних конструкцій. Вони складаються із затемненої ємності, в яку вкладають досліджувану пробу рослин, і отвору, в який вмонтовано скляний комахозбірник. Наявні в пробі комахи чи інші шкідники в темному еклекторі залишають його, рухаються у напрямі отвору, через який проникає світло, і потрапляють у комахозбірник, де їх вибирають і підраховують.

Здатність комах принадуватись на запах природних чи хімічних речовин використовують для їх відловлювання в різні пастки й обліку. Розрізняють принади (атрактанти) харчові, коли комахи прилітають для додаткового живлення, й статеві, або феромони, коли особини протилежної статі відшукують за запахом свою пару.

Найбільше застосовують харчові принади для виявлення і спостереження за динамікою та інтенсивністю льоту метеликів совок, лучного метелика, горохової плодожерки та інших у ловильних коритцях 40×70×7 або 30×50×6 см.

Феромонні пастки, почали застосовувати в багатьох країнах протягом останніх десятиріч, відтоді як було встановлено хімічну структуру атрактантів самок багатьох шкідників.

Найбільше використовують клейові пастки трапецієподібної, трикутної чи циліндричної форми напіввідкритого типу.

Оглядають пастки й підраховують відловлених комах щоденно або один раз на 3-5 днів, знімаючи ланцетом комах з клеєвої поверхні. Строк використання однієї капсули з феромоном залежно від умов погоди та виду шкідника – 20-30 днів.

Для визначення напрямів міграції комах, їх щільності в повітрі розроблене і може використовуватись модифіковане радарне обладнання. Як показали дослідження, проведені в Англії, за допомогою радарів окремі великі види комах можна визначити на відстані 1,5 км, а їх скупчення - до 72 км, а такі дрібні, як попелиці, - на відстані 207 м. При вдосконаленні цього методу в майбутньому використання радарів дасть можливість виявляти шкідників на великих площах, ідентифікувати і визначати їх чисельність без відловлювання.

Для швидкого виявлення заселення і пошкодження посівів шкідниками чи ураження їх хворобами на великих площах в останні роки розроблені методи аеровізуальних обстежень, аерофотозйомки, а також розробляються методи використання для цього космічної зйомки із штучних супутників землі.

Методами аеровізуального обстеження можна виявляти стан ураження рослин різними хворобами (іржа, борошниста роса, кореневі гнилі злаків, фітофтороз картоплі та інші) або заселення та пошкодження їх шкідниками (мишоподібні гризуни, хлібна жужелиця, дротяники та інші), а прямим підрахунком ознак життєдіяльності (викиди землі в колоніях гризунів, випадання рослин чи ступінь їх пригнічення від пошкодження) - їх щільність.

Для аеровізуальних обстежень посівів у нашій країні рекомендовано використовувати вертольоти Ми-2 або Ка-26 при висоті польоту від 40 до 100 м і швидкості 50-80 кілометрів на годину. Застосування аерофотозйомки для виявлення стану ураженості рослин хворобами та заселення різними шкідниками на значній площі можливе при

багаторазовому обстеженні за період вегетації, іноді через сім-дванадцять днів. Зйомку ведуть з літаків Ан-2, Іл-14. Висота польоту – 800-2000 м у масштабі від 1:1000 до 1:10000. Наукові дослідження виявлення та ідентифікації шкідників і хвороб рослин за допомогою аерофотозйомки і розробка методів комп'ютерної (з використанням ЕОМ) дешифровки знімків тривають, і незабаром їх почнуть впроваджувати у виробництво.

8.2 Економічні пороги шкідливості

Захисні заходи проти шкідників сільськогосподарських культур в умовах інтенсифікації землеробства спрямовані не на їх знищення, а на регулювання щільності в агроценозах і утримання їх на господарсько невідчутному рівні.

Цього можна досягти правильним застосуванням агротехнічних заходів вирощування культури, контролем за щільністю шкідників та їх природних ворогів і застосуванням біологічних та хімічних засобів захисту рослин в інтегрованих системах.

При цьому хімічні засоби використовують лише тоді, коли щільність шкідника і його шкідливість можуть призвести до значних втрат урожаю.

Тому необхідно знати, коли той або інший організм, що живиться на рослині, стане економічно чи господарсько шкідливим.

Живлення комах окремими органами рослини з біологічної точки зору може визначити її як шкідника. Але рівень пошкодження не завжди призводить до втрат урожаю і залежить як від виду шкідника, так і від пошкоджуваних ним рослин та їх органів. Експериментально встановлено, що, наприклад, знищення листогризучими шкідниками до 25% листків картоплі, цукрових буряків і деяких інших культур не завжди знижує урожай, а пошкодження в межах 5-10 % може навіть підвищити його.

Пошкодження личинками яблуневого пильщика до 3 % зав'язі також не зменшує врожай, бо зав'язь, яка залишилась на дереві, має кращі умови для росту і компенсує зменшення кількості збільшенням маси.

Якщо ж пошкодження листової поверхні чи інших органів рослини знижує врожай, то така щільність виду на рослині чи групі рослин на певній площі буде господарсько відчутною, тобто даний вид є шкідливим. У певних випадках пошкодження рослин чи окремих їх органів не призводить до втрат урожаю, але знижує його якість (пошкодження бульб картоплі дротяниками). Тому щільність виду в розрахунку на рослину чи певну площу, при якій зменшується продуктивність або знижується якість урожаю, є пороговою щільністю, при якій вид стає шкідливим.

Установити шкідливість та втрати врожаю від пошкодження можна такими методами:

- порівнянням урожаю пошкоджених і непошкоджених рослин;

- визначенням ненажерливості шкідника;
- моделюванням пошкоджень (штучне пошкодження).

У виробничих умовах найдоступнішим є перший метод.

Для цього в період максимальної щільності шкідників на полі їх обліковують і помічають непошкоджені, а також пошкоджені рослини. Урожай з них збирають і зважують окремо. Порівнюючи урожай пошкоджених та непошкоджених рослин, підраховують його втрати із розрахунку на одну особину шкідника або відносні втрати в процентах за формулами:

$$B_{\text{ВАГ}} = Y_{\text{НПШ}} \times Y_{\text{ПШ}} / \rho, \quad (8.2)$$

де: $B_{\text{ВАГ}}$ - вагова втрата урожаю від однієї особини, кг;
 $Y_{\text{НПШ}}$ - урожай непошкоджених рослин, кг; $Y_{\text{ПШ}}$ - урожай пошкоджених рослин, кг; ρ - середня щільність шкідника.

Або

$$B_{\text{ВІДН}} = (Y_{\text{НПШ}} - Y_{\text{ПШ}}) \times 100 / Y_{\text{НПШ}}, \quad (8.3)$$

де: $B_{\text{ВІДН}}$ - відносні втрати урожаю, %.

За цими формулами можна визначити і втрати урожаю від пошкодження рослин хворобами з урахуванням бала або в процентах.

Встановивши розмір втрат урожаю з розрахунку на одну особину шкідника, бал або ступінь розвитку хвороби, можна підрахувати відповідно і порогову щільність, при якій можливі господарські втрати урожаю. Але це не може бути критерієм доцільності хімічних обробок, оскільки витрати на них можуть перевищувати вартість врожаю, що зберігається (можливих втрат). Тому порогова щільність шкідника завжди менша економічного порога шкідливості.

Економічний поріг шкідливості - це така щільність шкідника або пошкодженість рослин, при якій втрати урожаю можуть становити 3-5%, а застосування хімічних засобів захисту підвищує рентабельність виробництва культури і собівартість урожаю.

Економічний поріг шкідливості можна встановити за допомогою емпіричних розрахунків. Для цього підраховують вартість втрат урожаю від одного шкідника і витрати на хімічні обробки з розрахунку на 1 га посіву, а також норму рентабельності культури. Одержані дані підставляють у формулу і підраховують

$$EPШ = B_3 - P/BV, \quad (8.4)$$

де: $EPШ$ - економічний поріг шкідливості, екз./га; B_3 - витрати на захист 1

га посіву, грн.; ВВ - вартість втрати урожаю від однієї особини, грн.; Р - норма рентабельності культури, %.

Втрати урожаю на одну особину шкідника та економічний поріг шкідливості необхідно встановлювати на полях, де проводять хімічну обробку, залишаючи в окремих місцях необроблені ділянки.

Щільність шкідника на оброблюваній і необроблюваній площі визначають через 5-7 днів, а урожай - в період стиглості.

Частку збереженого урожаю на одного знищеного обробкою шкідника підраховують у ваговій або грошовій оцінці за формулою:

$$У_{ЗБ} = (У_{ОБР} - У_{НЕОБР}) / (\rho_{НЕОБР} - \rho_{ОБР}), \quad (8.5)$$

де: $У_{ЗБ}$ - частка збереженого урожаю на одного знищеного шкідника;
 $У_{ОБР}$ - урожайність з 1 га (кв. м) обробленої площі, кг або грн.;
 $У_{НЕОБР}$ - урожайність з 1 га (кв. м) необробленої площі, кг або грн.;
 $\rho_{НЕОБР}$ - щільність шкідника на 1 га (кв. м) необробленої площі;
 $\rho_{ОБР}$ - щільність шкідника на 1 га (кв. м) обробленої площі.

Економічний поріг шкідливості в такому разі визначають за формулою:

$$ЕПШ = В_3 \times \rho_{НЕОБР} - Р / (ВУ_{ОБР} - ВУ_{НЕОБР}), \quad (8.6)$$

де: $В_3$ - витрати на захист 1 га посіву, грн.; $\rho_{НЕОБР}$ - щільність шкідника на 1 га необробленої площі (або перед обробкою); $ВУ_{ОБР}$ та $ВУ_{НЕОБР}$ - вартість урожаю з 1 га відповідно обробленої та необробленої площі, грн.; Р - норма рентабельності культури, %.

Визначений економічний поріг шкідливості може змінюватися залежно від пошкоджуваної культури, фази її розвитку, погодних умов, ефективності хімічних препаратів та інших умов. Не рівнозначним він буде і в різних природних зонах.

Так, у Степу на сходах колосових культур економічно відчутні втрати врожаю можливі від зрідження посівів дротяниками при щільності понад 3 особини на 1 кв. м, кукурудзи і соняшнику - одна, а на посадках картоплі втрат урожаю не спостерігається навіть при щільності 5-6 особин на 1 кв. м. При цьому пошкодженість бульб досягає 80%.

У Лісостепу та на Поліссі значні втрати врожаю можливі при щільності шкідників на зернових колосових - 5, а на кукурудзі 3 особини на 1 кв. м.

У посушливих умовах, коли рослини мають понижену регенераційну здатність і підвищену втрату вологи при пошкодженнях, а шкідники відповідно високу ненажерливість, пороги їх шкідливості і економічної шкоди нижчі, ніж за достатньої вологозабезпеченості.

Отже, користуючись показниками економічного порогу шкідливості, слід враховувати, що вони мають середнє значення. Тому, приймаючи рішення про доцільність захисних заходів, треба враховувати конкретний стан розвитку рослин, погодні умови, щільність шкідника на кожному конкретному полі та ін., що є однією з основних складових фітосанітарного моніторингу.

Слід мати на увазі, що економічні пороги шкідливості не є константою, вони неодмінно пов'язуються з рівнем ефективності ентомофагів, фазами розвитку і сортовою стійкістю рослин.

При визначенні доцільності захисних заходів враховуються також витрати на проведення заходів, рівень збільшення врожаю, який очікується, наявність хижаків і паразитів, стан погоди, культури, яка пошкоджується, фізіологічний стан популяції шкідника тощо.

Необхідно також урахувати те, що, внаслідок проведення захисних заходів, ми можемо отримати і негативні наслідки, які можуть заставити нас у майбутньому нести нові витрати. Так, наприклад, внаслідок застосування хімічних заходів може збільшитися стійкість шкідників до пестицидів, можуть загинути корисні організми (хижаки, паразити, ентомопатогенні мікроорганізми), може бути отримана сільськогосподарська продукція із залишками пестицидів.

9 ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ДАНИХ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Комплексна інформація, яка є результатом тривалих і короткострокових дослідів, що входять у систему полігонного й локального агроекологічного моніторингу, являє собою досить складну структуру. Вона включає широкий набір кількісних і якісних характеристик, що всебічно описують рослини й середовище їхнього перебування. Повноцінна її систематизація, обробка й аналіз, ефективне й оперативне використання для рішення різних завдань можливі при організації впорядкованих інформаційних потоків у вигляді баз або банків даних. Необхідна формалізація експериментального матеріалу, що, у свою чергу, вимагає проведення класифікації інформації й подання її в досить уніфікованих формах, що легко модифікуються (рис. 9.1, 9.2).

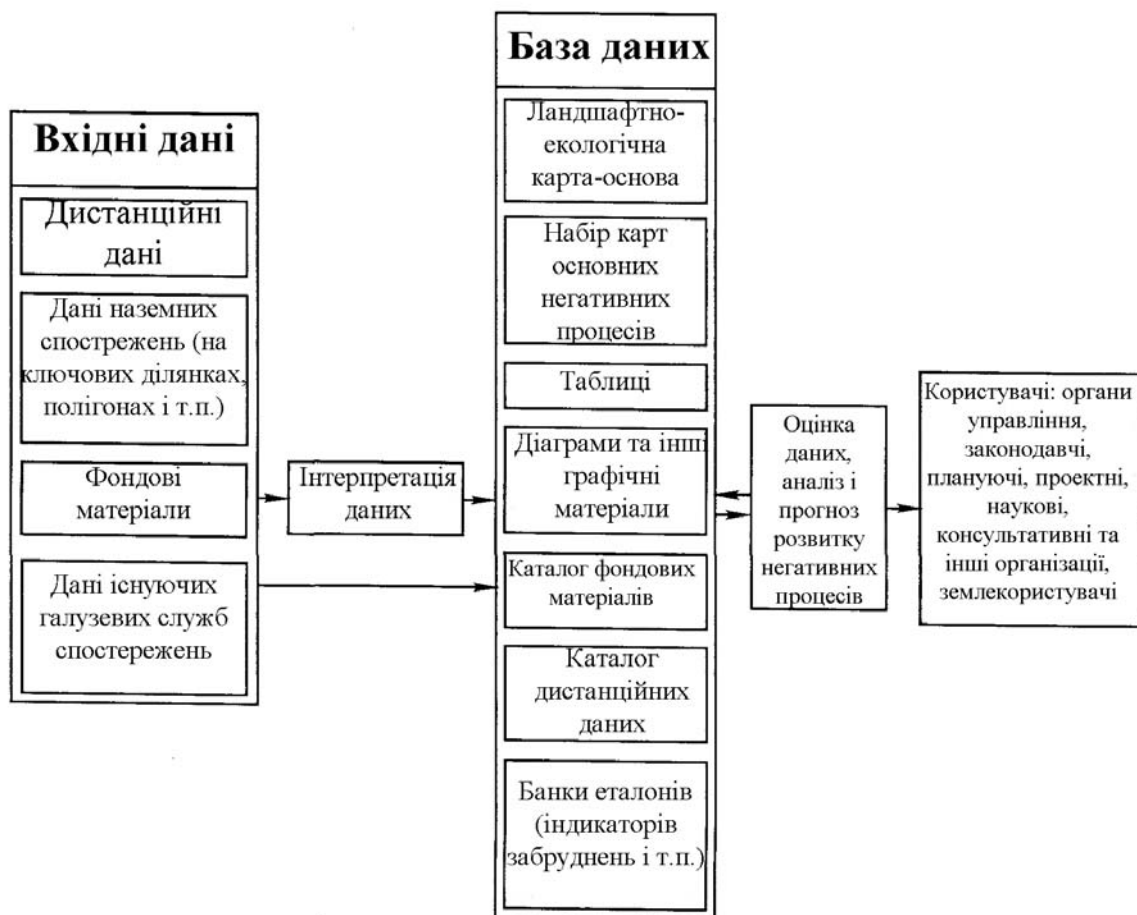


Рисунок 9.1 - Формування баз даних агроекологічного моніторингу
(на прикладі моніторингу земель)

Відповідно до вимог по проектуванню баз даних у першу чергу розробляють концептуальну, логічну й фізичну структуру й створюють макети таких баз. Повинні бути визначені загальні принципи класифікації інформації й форми її подання.

Досліди, проведені в рамках полігонного моніторингу, об'єктивно ділять на короткострокові й тривалі. Аналіз і оцінка специфіки дослідів цих груп і інформації, що одержується на їхній основі, обумовлюють доцільність формування баз даних по розділах «Короткострокові дослідів» і «Довгострокові дослідів». Таким чином, база даних полігонного моніторингу включає наступні предметні розділи: каталоги дослідів; опис короткострокових дослідів; опис тривалих дослідів; матеріали спостережень на полігонах з автоматизованими системами контролю.

При проектуванні бази даних розроблювачі, виходячи з побажань замовника, передбачають можливість введення інформації з форми, що встановлюється спеціально. У підсумку створена за матеріалами тривалих дослідів база даних містить паспорт сівозміни, первинну інформацію з ротацій і полів сівозміни й інформацію при результати дослідів.

Розглядаючи динамічну частину бази даних полігонного моніторингу, доречно відзначити наступне. Первинну зйомку певного обсягу інформації з дослідів, оснащених автоматизованим інформаційно-вимірювальним комплексом, проводять за допомогою системи датчиків, які передають її на встановлену ЕОМ центрального поста. Тут здійснюють: прийом інформації з датчиків; фільтрацію даних і перетворення їх за градувальними кривими; формування локальної бази даних і їхню візуалізацію; підготовку відомостей полігонного моніторингу для ЕОМ наукової установи; формування архівів. На цьому рівні доцільний первинний аналіз даних, підготовка й видача оперативних довідок про стан агроєкосистеми. Далі накопичену інформацію направляють у головну наукову установу, де вводять у загальну базу даних полігонного моніторингу.

Форма подання результатів досліджень, отриманих у короткострокових дослідів системи агроєкологічного моніторингу, охоплює всі характеристики, що фіксуються при проведенні експерименту. При цьому важливо отримати максимальну інформативність при мінімізації обсягу вихідних даних.

Наявні форми звітності відрізняються наступними особливостями:

- в них враховуються вимоги до інформації, що одержується на всіх рівнях полігонного моніторингу;

- вони дозволяють у повному обсязі вносити у створену структуру матеріали всіх «традиційних» короткострокових і тривалих експериментів, які проводили раніше й проводять за теперішнього часу на базі географічної мережі дослідів з будь-якими культурами по будь-яких темах у різних ґрунтово-кліматичних зонах країни;

- часткова модифікація розроблених форм, включення нових таблиць не приведуть до руйнування або кардинальних змін створюваної структури бази даних;
- є можливість вносити зміни й доповнення, а також розширювати набір форм.



Рисунок 9.2 – Структурні елементи пересувної агроекологічної лабораторії:

- 1 – інформаційний і функціональний зв'язки у межах одного структурного елементу;
2 – інформаційний зв'язок у межах загальної структури.

Досить важливою є також паспортизація дослідів. Паспорт короткострокового дослідження містить ряд обов'язкових реквізитів, у тому числі найменування культури, рік обліку, адресність дослідження із вказівкою

грунтово-кліматичної зони й особливостей рельєфу, докладний опис типу й підтипу ґрунту й генетичних умов його утворення. У паспорті формуються загальні завдання й мети конкретного дослідження. Їх викладають при цьому як у скороченому варіанті (для наступної роздруковки в каталозі дослідів, виведеному на екран відеотерміналу), так і в повному вигляді, що обирає користувач з класифікатора в режимі діалогу. Цю інформацію доповнюють відомостями про особливості дослідів.

Якщо дослід багатфакторний (використовують декілька попередників, різні сорти або норми висіву й т.п.), то по кожному фактору складають окремий звіт.

У базі даних зосереджують також відомості про фенологічні спостереження, стан рослин у процесі онтогенезу, фітосанітарну обстановку.

Схема формування бази даних передбачає накопичення інформації про агрофізичний і агрохімічний стан дослідних ділянок, зміст токсичних речовин до, під час і після проведення експерименту.

У базі даних урожай враховують по основній і побічній продукції. Тут представляють результати хімічного аналізу основної й побічної продукції за елементним складом й т.д.

В остаточному підсумку забезпечується достатня повнота інформації, що одержується в короткострокових дослідях різної тематичної спрямованості.

Розділ тривалих дослідів містить докладний опис результатів досліджень у стаціонарах. Умовно в ньому можна виділити три основних підрозділи: паспорт тривалого дослідів; інформація з дослідних полів, сівозмін, а також щорічна інформація.

Паспорт тривалого дослідів додатково до паспортних даних короткострокового дослідів включає матеріали, що характеризують просторово-тимчасові особливості досліджуваної системи сівозміни. Для цього, наприклад, як обов'язкові характеристики фігурують такі реквізити, як вид сівозміни, число полів, фактичне чергування культур у сівозміні й задане чергування їх по роках.

На відміну від короткострокових досліджень, в схемі тривалого дослідів приводять середньорічні дози добрив, меліорантів і т.д., тобто враховують насиченість сівозміни по варіантах. Фіксують зміну схеми дослідів в часі по ротаціях полів сівозмін.

Необхідність розрахунку продуктивності сівозміни обумовлює переведення даних по обліку урожаю основної й побічної продукції в зернові й кормові одиниці в автоматичному режимі. Оскільки всі наступні спостереження за зміною вмісту елементів у рослинах даються в перерахуванні на абсолютно суху речовину, дані урожайності в обов'язковому порядку доповнюють відомостями про вміст сухої

речовини. Така інформація дозволяє проводити комплексну оцінку впливу досліджуваних факторів у часі й у просторі.

Дотримання принципів гнучкості системи зберігання інформації забезпечує можливості її подальшого збільшення й розвитку.

Підсумовуючи вищевикладене, доречно звернути увагу на наступні обставини. Розглянуті відомості по агроекологічному моніторингу стосуються в першу чергу галузей рослинництва. Вони, безсумнівно, дозволяють одержати важливий і необхідний матеріал для серйозної екологізації цієї області сільськогосподарської діяльності. Разом з тим поки ще не склалась чітка система моніторингу стосовно до тваринництва з врахуванням можливих способів його ведення (пасовишне, стійлове), а також кормовиробництва. Представляється, що тут у першу чергу необхідно грамотне узагальнення й осмислення накопичених фактичних даних, що буде реальним кроком до наступного вироблення відповідних методичних рекомендацій. У принципі ж система агроекологічного моніторингу поширюється на весь агропромисловий комплекс, на всі його підсистеми, пов'язані з виробництвом, переробкою й зберіганням продукції, матеріально-технічним обслуговуванням і т.д. Тільки в цьому випадку концепція екологізації сільського господарства отримає реальну й надійну основу для повноцінного практичного втілення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Клименко М.О., Прищепя А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: Підручник. – К.: Видавничий центр “Академія”, 2006. – 360 с. (Серія “Альма-матер”).
2. Агроекологія. / Под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
3. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв: учебник. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – 237 с.
4. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Львів: Новий світ, 2000, 2003.
5. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд. – М.: Гидрометеиздат. 1984. – 560 с.
6. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. – Л.: Гидрометеиздат. 1990. – 544 с.
7. Сельскохозяйственная радиоэкология. / Под ред. Алексахи Р.М. и Корнеева Н.А. – М.: Экология, 1991. – 297 с.
8. Сохнич А.Я., Гнаткович Д.І., Кухарук В.Г., Шкварок А.М. Моніторинг земель кризового стану. – Львів, 1996. – 40 с.
9. Ковальский В.В. Геохимическая экология: Очерки. М.: Наука, 1974. – 300 с.
10. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М.: Наука, 1981. – 181 с.
11. Мотузова Г.В. Почвенно-химический экологический мониторинг. М.: Изд-во МГУ, 2001. – 84 с.
12. Козловський Б.І. Наукові основи моніторингу осушених земель. – Львів: 1995. – 215 с.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ОСНОВНІ ЗАДАЧІ І СХЕМА МОНІТОРИНГУ	5
2 АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ В ІНТЕНСИВНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ	12
2.1 Основні завдання і схема агроекологічного моніторингу	12
2.2 Основні принципи організації полігонного агроекологічного моніторингу	15
3 КОМПОНЕНТИ АГРОГІДРОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	18
4 ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА АГРОЕКОСИСТЕМ	31
4.1 Визначення набору показників для еколого-токсикологічної оцінки	31
4.2 Показники агрофізичного і гумусового стану ґрунтів	32
4.3 Показники потенціалу біологічного азоту	36
4.4 Показники фосфорного живлення рослин	38
5 МОНІТОРИНГ СТАНУ ҐРУНТІВ, ЯК ОСНОВНОГО СЕРЕДОВИЩА АГРОЕКОСИСТЕМИ	42
5.1 Сучасний стан ґрунтового покриву Землі і антропогенний вплив на нього	42
5.2 Шляхи надходження й особливості міграції забруднюючих речовин у ґрунті	51
5.3 Наукові і організаційні засади створення ґрунтового моніторингу	53
5.4 Критерії оцінювання у ґрунтово-екологічному моніторингу	58
5.5 Види ґрунтово-екологічного моніторингу	59
5.6 Основні принципи спостережень за рівнем хімічного забруднення ґрунту	65
5.7 Особливості організації спостереження і контролювання забруднення ґрунтів пестицидами	66
5.8 Організація моніторингу забруднення ґрунтів важкими металами	68
6 ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НА МЕЛІОРОВАНИХ ЗЕМЛЯХ	73
6.1 Завдання та схема меліоративного моніторингу	73
6.2 Еталонні об'єкти і методика організації еколого-меліоративного моніторингу	75
6.3 Моніторинг екологічного стану зрошуваних та прилеглих до них земель	76
6.4 Моніторинг екологічного стану осушуваних та прилеглих до них земель	81
7 МОНІТОРИНГ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА	85
7.1 Особливості радіологічної ситуації на території України	85
7.2. Радіоекологічний моніторинг, його основні складові і завдання	88
7.3 Методи радіаційного контролю	89

7.4 Обстеження забруднених сільськогосподарських угідь і об'єктів ветеринарного нагляду	92
8 ФІТОСАНІТАРНИЙ МОНІТОРИНГ	97
8.1 Методи виявлення та обліку шкідників та хвороб	97
8.2 Економічні пороги шкідливості	105
9 ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ДАНИХ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ	109
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	114

Навчальне видання

Вольвач Оксана Василівна

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

Конспект лекцій

Підп. до друку 12.04.2011. Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Умовн. друк. арк. 6,74. Тираж 50. Зам. № 137.
Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15

Друкарня видавництва “Екологія”
65045, м. Одеса, вул. Базарна, 106
Тел.: (0482) 33-07-18, 37-07-95, 37-14-25