

for the purpose of systematic study of the morphological and biological characteristics. We used the percentage of productivity decrease during the dry years relative to the wet ones as the criterion of field drought. The whole set of the studied samples can be divided into 3 clusters (groups) as the result of a hierarchical cluster analysis. The first and second clusters are identical (thirteen samples each) and the least numerous is the third cluster (eleven varieties).

For a more detailed study of the drought-resistant types we conducted a cluster analysis by the K-means method which allows not only to get a clear picture about the difference between the samples, but also to establish the quantitative difference between them. Thus it was found that the first cluster was drought-resistant, the third was not drought-resistant, and the second was intermediate.

So, summing up it can be stated that the totality of the varieties clearly divided into three groups and though the second cluster reduces productivity by 71.8% in 2013, it has a high level of productivity in 2012. As the result we got the first cluster to which the samples with high drought resistance belong, the second - with average drought resistance and the third - with low drought resistance.

**Key words:** *Hordeum vulgare*, hierarchical cluster analysis, drought, varieties samples, spring barley.

**УДК 658.562**

**Н.О. Любимова, д-р техн. наук, професор**

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва  
(м. Харків, Україна)

## **ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ ҐРУНТУ В ЗАДАЧАХ ЕКОНОМІЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ЙОГО ЯКОСТІ**

Запропоновано використання узагальнюючого показника якості ґрунту в задачах контролю. Розглянуто основні підходи для мінімізації похибок та підвищення достовірності під час виконання завдань екологічного моніторингу.

**Ключові слова:** контроль, ґрунт, якість, узагальнюючий показник, розрахунок.

**Постановка проблеми.** Питання екологічної рівноваги органічно пов'язані з такими глобальними проблемами сучасності, як збереження та раціональне використання природного середовища, запобігання негативному антропогенному впливові на довкілля, забезпечення населення Землі продовольством, енергетичними та сировинними ресурсами. Завдання екологічного моніторингу, контролю та подальшого керування технологічними процесами стають пріоритетними для виживання людства [1].

**Аналіз сучасних досліджень.** Складні, багатоаспектні явища в галузі взаємодії системи «людина – техніка – природне середовище» можна адекватно вивчати з допомогою комплексного системного

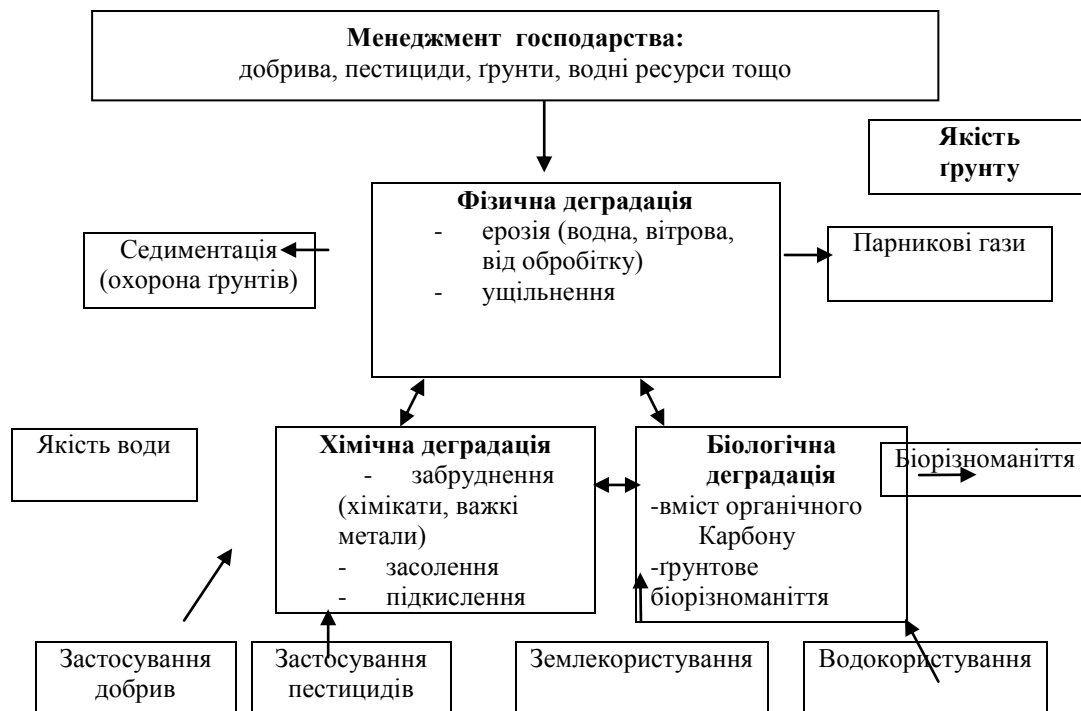
міждисциплінарного підходу. Саме системний підхід грає суттєву роль у дослідженні та організації екологічного контролю. Він спрямований на цілісний розгляд об'єктів, що контролюються, на поглиблений аналіз їхньої структури, на виявлення максимального числа чинників взаємодії та взаємозв'язків для агрегованого узагальнення їх якості [2].

Залежно від характеру, світогляду та потреб, які вирішує людство, існують різні концептуальні засади контролю якості ґрунту: для фермерів, агрономів, споживачів, натуралістів, екологів. Ґрунт, завдяки численним біоценотичним та біосферним функціям, виконує роль інтегратора різноманітних екосистем суходолу, забезпечує їх нескінченно тривалий розвиток за умов обмежених ресурсів [2, 3].

У задачах контролю будь-який природний об'єкт, наприклад ґрунт, можна розглядати як біологічну систему надзвичайно складної структури, що включає велику кількість багатопланових підсистем із рухливими зв'язками та функціями, що ведуть до великого різноманіття можливих категорійних станів. Під час опису такої системи конкретними показниками з метою контролю ґрунту потрібно враховувати його динамічний характер із можливістю процесу адаптації та відновлення після зняття зовнішнього антропогенного ушкоджувального чинника тієї чи іншої природи – фізичного, хімічного чи біологічного походження [1, 4].

Саме наявність зворотних зв'язків та особливості їхнього функціонування визначають унікальність реакцій біологічних систем ґрунту на вплив зовнішнього чинника, що суттєво залежать від його терміну та характеру. Остання обставина передбачає необхідність урахування цих особливостей з обов'язковим описом окремих режимів, що контролюються, наприклад, обробка ґрунту добривами, пестицидами, втрата органічної речовини та біорізноманіття внаслідок посиленої нітрогенними добривами мінералізації, вибір сівозмін або виду механічного обробітку та ін. [3].

**Формулювання цілей статті.** Під час здійснення менеджменту в сільськогосподарському виробництві потрібно враховувати зв'язки між деградаційними процесами та агроекологічними індикаторами з метою економічної та екологічної оцінки якості ґрунту (рисунки) [2-4].



### Зв'язки між деградаційними процесами ґрунту й агроекологічними індикаторами

Отримання точних математичних залежностей між різноманітними параметрами, фізіологічними процесами та функціональними показниками, що характеризують ґрунт як об'єкт контролю, на сучасному етапі є досить складним завданням, оскільки адекватний математичний апарат, що придатний для його опису, громіздкий та недосконалий.

Необхідно звернути увагу на фундаментальну якість біологічних систем, наприклад ґрунту, з погляду термодинаміки як самоутворюючу та самоорганізовану систему з відкритим для впливу різних факторів характером. Для нього характерні процеси синтезу та розпаду органічних структур, росту, розмноження, самозбереження, адаптації, захисту й акомодатії на фоні безперервних процесів деструкції, що зумовлені боротьбою за виживання видів та пошуком екологічних місць для здійснення експансії та захоплення нових енергетичних та харчових ресурсів. У цьому контексті ґрунт має специфічну чуттєвість, стійкість і надійність функціонування, що потрібно враховувати під час розроблення методичного забезпечення систем контролю його стану.

Також необхідно взяти до уваги характерну якісну неоднорідність організації підсистем ґрунту, коли в рамках однієї складної функціональної системи працюють різнопланові підсистеми з різними константами часу спрацювання (біологічними ритмами), з якісно

різноплановими керівними сигналами (хімічними, фізичними). Тому для контролю слід з усього спектра частот біологічних ритмів обирати гармоніки, найбільш інформативні з погляду отримання екологічно важливих узагальнюючих показників функціонування екосистеми ґрунту.

**Виклад основного матеріалу.** Залежно від потреб для оцінки якості ґрунту потрібно обрати узагальнюючий показник. Якість функціонування об'єкта описують одним або декількома узагальнюючими показниками. У сільськогосподарському виробництві їх називають техніко-економічними показниками (критеріями). Узагальнюючі показники кількісно характеризують поняття виробничої практики, успішність функціонування ґрунту. Визначення (вимірювання) показників – одна з основних функцій сучасного виробництва. Чим точніші вимірювання, тим адекватніша оцінка стану об'єкта. Це дає змогу максимально підвищити ефективність використання ґрунту, запровадити заходи для поліпшення його продуктивності.

Математично сукупність узагальнюючих показників (наприклад, біотичну активність як критерій едафічного комфорту, вміст гумусу, електропровідність, окисно-відновний потенціал тощо) можна визначити як векторний випадковий процес [5]:

$$x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)) \quad (1)$$

із безперервними компонентами. Зокрема, режимні параметри можуть бути описані скалярним випадковим процесом  $x(t)$ .

У цілому узагальнюючий показник ґрунту являє собою деякий функціонал  $Q$  від векторного випадкового процесу (1). На практиці найбільш поширений випадок, коли цей функціонал описано як середнє за часом на деякому інтервалі  $[t_1, t_2]$  відомої (заданої аналітичною формулою або таблицею) скалярної функції  $\varphi$  від параметра (1):

$$\bar{Q} = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \varphi(x(t)) dt, \quad T = t_2 - t_1. \quad (2)$$

У цьому випадку підінтегральну функцію природньо трактувати як поточний (миттєвий) показник:

$$Q(t) = \varphi(x(t)), \quad (3)$$

а функціонал (2) – як його середнє значення на інтервалі усереднення  $[t_1, t_2]$ . Функціонал являє собою деяку фізичну величину, що оцінює якість (або той чи інший бік якості) функціонування об'єкта.

Вимір (знаходження чисельного значення такої величини за допомогою спеціальних технічних вимірів) потребує певним чином організованої дослідної процедури, що включає як вимірювальні, так і розрахункові операції. Контрольно-вимірювальна система включає вимірювальну та розрахункову підсистему.

Поточний показник  $Q(t)$  пов'язує функціонально залежністю матеріальні та енергетичні потоки об'єкта з його режимними параметрами та зазвичай розраховується на підставі результатів дискретного вимірювання складових компонент  $x_i(t), i = 1, 2, \dots, m$  вектора  $x(t)$ . Стандартна формула  $\varphi(x)$  частіше нелінійна, так що інтеграл (2) не можна представити лінійною комбінацією інтегралів від компонент, які збігаються. Для його визначення (або вимірювання узагальнюючого показника якості ґрунту) потрібна самостійна розробка.

Показник (2) використовують як для оцінки стану об'єкта, так і для керування ним. Тут не йдеться про вибір показника та формулювання скалярної функції  $\varphi(x)$ , адже це потребує спеціальних знань конкретного (виробничого, екологічного або іншого) процесу. Вважають, що це вже зроблено спеціалістами (технологами, екологами, агрономами та ін.). Нижче розглянуто тільки методику вимірювання самих функціоналів (2). Основні викладені ідеї можуть бути використані і для розробки алгоритмів розрахунку функціоналів інших типів.

**Класичний підхід до розв'язання задачі визначення узагальнюючого показника.** Узагальнюючі показники належать до нових сучасних об'єктів вимірювання, що реалізуються за допомогою вимірювальних та розрахункових операцій [3]. При цьому розрахункові операції є обов'язковим компонентом процедури вимірювання, зокрема, визначення метрологічних характеристик.

Вимірювальні операції здійснюються в дискретні проміжки часу [4]

$$t_i = t_1 + i\Delta t \in [t_1, t_2] \quad (4)$$

вимірювальною підсистемою. Сукупність дискретних значень параметра  $x(t)$  передається розрахунковій підсистемі.

$$x_i = x(t_i + i\Delta t). \quad (5)$$

Остання виконує над ними необхідні розрахункові дії. Суть цих дій зводиться до розрахунку значень

$$q_i = Q(t_i + i\Delta t) \quad (6)$$

поточного показника  $Q(t)$  в кожній дискретній (контрольній) точці та в подальшому у знаходженні середнього арифметичного розрахункових значень

$$\tilde{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q(t_1 + i\Delta t) \quad (7)$$

Цей підхід природний та найбільш відпрацьований в інженерній практиці. Фактично він реалізує відомий в чисельному інтегруванні метод прямокутників. Однак тут, на відміну від класичного методу, що розроблений для регулярних функцій, інтегрується випадкова функція. Це знижує ефективність використання такого підходу через відсутність зручних оцінок точності отриманого результату (7). Крім того, під час здійснення контролю складних об'єктів, що характеризуються декількома складними показниками (наприклад, ґрунт), необхідні громіздкі розрахунки.

**Імовірнісний метод визначення.** Більш зручним вважають інший, імовірнісний метод вимірювання узагальнюючого (інтегрального) показника [4 – 5], що використовується для багатьох природних об'єктів та має порівняно із класичним методом ряд розрахункових і організаційних переваг.

**Метод має таку послідовність дій:**

1) вимірювання значень режимних параметрів – компонент випадкового процесу  $x(t)$  – у дискретні проміжки часу  $i\Delta t, i = 0, 1, 2, \dots$  (без порушень суцільності початок відліку  $t_1$  може дорівнювати нулю); для різних компонент під час реалізації процесу крок опитування  $\Delta t$  може бути різним;

2) розрахунок на інтервалі усереднення  $[0, T]$  оцінок числових імовірнісних характеристик контрольованого параметра  $x(t)$ : математичного очікування  $\tilde{x}$ , дисперсії  $\tilde{D}$ , нормувальної кореляційної функції  $R(\tau)$  або усередненої колової частоти  $\tilde{\omega}_n$ . Для векторного параметра, що контролюється, усі ці характеристики – векторні величини;

3) визначення показника  $Q$  за деякою розрахунковою залежністю

$$Q = \varphi_1(\tilde{x}, \tilde{D}) \quad (8)$$

з оцінкою методичної похибки вимірювання .

**Висновки.** Таким чином, у статті розглянуто основні особливості здійснення контролю якості ґрунту в задачах екологічної (економічної) оцінки. Запропоновано комплексний та системний підхід до розробки необхідних алгоритмів та методів, при цьому можливе використання узагальнюючих показників якості з урахуванням особливостей конкретних об'єктів. Класичні методи контролю ґрунтів доцільно доповнювати імовірнісними, керуючись порадами експертів. Отримані розрахункові дані слід доцільно доповнювати оцінкою методичної та інструментальної похибки.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. ДСТУ ISO 9004 – 2001. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності. – К.: Держстандарт України. – 2001. – С. 70.
2. Зенон Гамкало. Екологічна якість ґрунтів : навч. посібник / Гамкало Зенон. – Львів: Львів. нац. ун-т. ім. Ів Франка, 2009. – 410 с.
3. Тихоненко Д.Г. Ґрунтознавство : підручник. / Д.Г. Тихоненко – К.: Вища освіта, 2005. – 703 с.
4. Lyubimova N.A. Integral expression of the adjacent transfer criterion in environmental control problems [Text] / N.A. Lyubimova // Prescopus Russia. – 2013. – Issue1 of 1, September. – P. 5 – 9.
5. Любимова Н.А. Вероятностный метод измерения обобщенного показателя качества природных и технологических объектов / Н.А. Любимова // Сб. науч. тр. 12-й Междунар. науч.-техн. конф. «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов». – Т.1. – Бердянск, 2004. – С. 289 – 291.

*Стаття надійшла до редакції  
26.05.2016*

**N. A. Lyubymova**, doctor of science, professor Kharkov national agrarian university named after V.V. Dokuchaev, Kharkov, Ukraine

**Control characteristics of the soil in the problems of economic and environmental assessment of its quality**

In the article the peculiarities of organization of control of soil with the use of generalized parameters of its quality.

The subject of study is soil, as a monitoring object operations.

The purpose was to enhance the qualitative characteristics of control: the reliability, minimization of error, ease of handling. .

Emphasized the need to consider the complex systemic interlinkages of the subsystems of the soil.

Given a classical approach to the problem of determining the generalized indicator of quality of soil (method of rectangle).

It is proposed to use a probabilistic method and mathematical model for the control of generalized indicators of the quality of the soil.

The developed method has several advantages compared to classical method, more reliability, simplicity, convenience for engineering calculations.

The method can be used to organize the monitoring of the earth in conditions of anthropogenous pollution, in the solution of problems of economic and environmental assessment of its quality.

**Keywords:** control, soil quality, the composite index, the calculation

**Н.А. Любимова**, д-р. техн. наук, професор  
Харьковский национальный аграрный  
университет им. В.В. Докучаева  
г. Харьков, Украина

### **Особенности контроля грунта в задачах экономической и экологической оценки его качества**

В статье рассмотрены особенности организации контроля грунта с применением обобщенных параметров его качества. Предметом исследования является грунт, как объект контрольных операций, целью – повышение качественных характеристик контроля: достоверности, минимизация ошибок, удобство обращения.

Подчеркнута необходимость учета комплексных системных взаимных связей подсистем грунта. Приведен классический подход при решении задачи определения обобщенного показателя качества грунта (метод прямоугольника). Предложено использование вероятностного метода и математической модели при контроле обобщенных показателей качества грунта.

Разработанный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с классическим методом, большую достоверность, простоту, удобство для инженерных расчетов.

Метод может быть использован при организации мониторинга земли в условиях её антропогенного загрязнения, при решении задач экономической и экологической оценки её качества.

**Ключевые слова:** контроль, грунт, качество, обобщенный показатель, расчет.