

Застосування інформаційно-вимірювальних систем для дослідження якості процесу функціонування консорційних екотонів захисного типу

М.В. Руда, Т.З. Бубела

Національний університет "Львівська політехніка", вул. Ст. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна
marichkarmv@gmail.com

Анотація

Встановлено, що консорційні екотони захисного типу — природні дискретні структурні одиниці рослинного покриву, які мають специфічні властивості. Запропоновано дослідження консорційних екотонів захисного типу за допомогою компартментального аналізу, при цьому ступінь керованості консорційних екотонів захисного типу за допомогою системи блоків-компартментів залежить, у першу чергу, від вибраних критеріїв оптимізації. Система критеріїв і субкритеріїв виявляє мету будь-якого блоку в системі моделей та основних стратегічних критеріїв, через які досягається кінцева мета управлінського процесу. Аналіз таких загальних властивостей цих моделей, як інваріантність невід'ємного конуса, диссипативність системи і стійкість рівноваги в лінійному наближенні, показує, що результати суттєво залежать від типу опису. Обґрунтовано загальний алгоритм використання показників, що поєднує встановлення і оцінку відповідних факторів консорційних екотонів захисного типу шляхом прямого або непрямого визначення їх кількісних показників, а також створення на основі багатоспектральних даних просторової основи для оцінки впливу об'єктів залізниці на стан навколишнього природного середовища.

Застосування інформаційної системи для консорційних екотонів захисного типу забезпечується шляхом створення раціональних модулів, які передбачають: відповідну організацію території; вибір форм і видів господарювання з урахуванням особливостей протікання в консорційних екотонах захисного типу небезпечних процесів і явищ (у т. ч. екологічних ризиків); проведення заходів щодо попередження виникнення екологічних ризиків. Запропонований підхід враховує властивості природних комплексів: багатозв'язковість, стійкість, комутативність, адитивність, інваріантність, а також багатфакторну кореляцію компонентів природи.

Ключові слова: екотон, консорція, кіберфізична система, екосистема, екологічний аналіз, моніторинг.

Отримано: 20.09.2018

Відредаговано: 08.10.2018

Схвалено до друку: 12.10.2018

Вступ

Після того як виробнича діяльність охопила цілу біосферу, вона (біосфера) разом з іншими блоками соціосфери опинилася в єдиному кібернетичному контурі управління [1] — інтелектуальному, перетворившись на трофічну, ресурсну і середовищну базу соціосфери, а її стан із часом потрапив у залежність від ефективності роботи регуляторних механізмів останньої.

Для того, щоби будь-яка система працювала в режимі саморегулювання, вона повинна мати:

- свій внутрішній регуляторний блок, котрий сприймає, накопичує, зберігає, перетворює і передає інформацію;
- канали прямого зв'язку між регулятором і керованою системою, якими передаються регуляторні сигнали щодо удосконалення структури і режиму роботи керованої системи;

- канал зворотного зв'язку, яким надходить до регулятора інформація про її стан і функціонування;

- еталонну (гіпотетичну, перспективну) систему — проектний зразок системи майбутнього, до якої повинна наблизитися керована система під впливом управлінської роботи регулятора;

- здатність до саморегуляції за трьома типами керування: за заданою програмою, за замкненим циклом зі зворотним зв'язком і з урахуванням факторів, що зумовлюють відхилення від програми.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Особливої уваги й аналізу заслуговує кібернетична суть консорційних екотонів захисного типу (тут і далі — КЕЗТ). Згідно з Н. Вінером [2], кібернетика — це наука про керування та зв'язок у тварині й машині. В.М. Глушков [3] визначав її

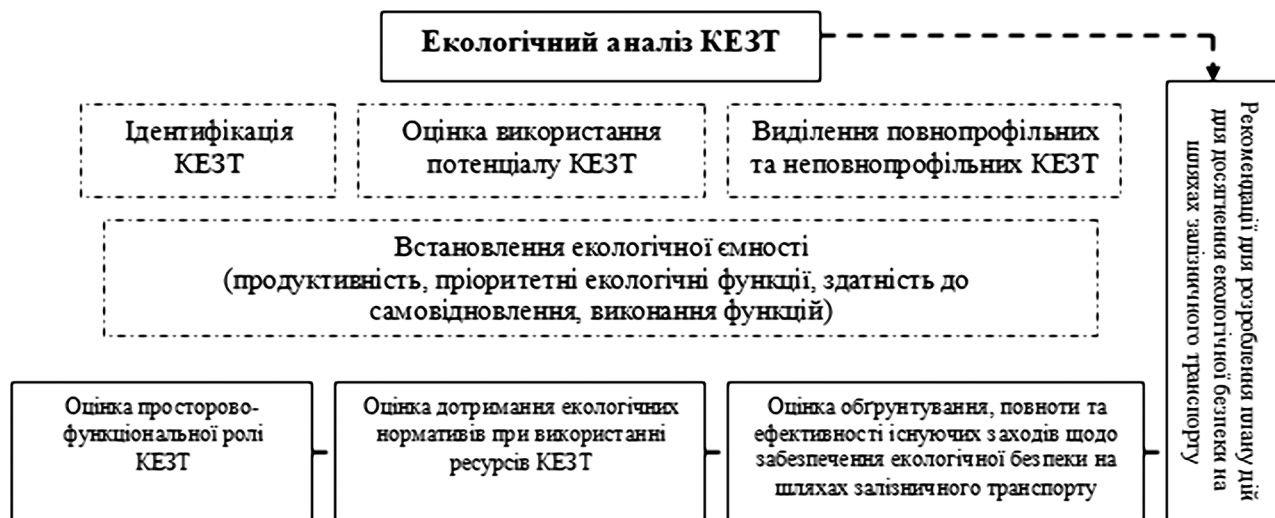


Рис. 1. Модуль екологічного аналізу КЕЗТ

як “науку про загальні закони одержування, зберігання, передавання і перетворення інформації в складних керівних системах”, а загалом, у перекладі з грецької, це слово означає “мистецтво керувати”.

На відміну від цілком біотичних систем, які, за В.І. Вернадським [4–6], виникли спонтанно, стихійно, природним шляхом, формувалися впродовж тривалого часу органічної еволюції і мають такого самого походження генетичні механізми саморегуляції, КЕЗТ є наслідком потужної роботи людського розуму і керованої ним праці [7]. Їхнє зародження також було спонтанним, стихійним і природним, але їхні механізми саморегуляції мають соціальне походження і генезисно пов’язані з вищою від біотичної формою організації, оскільки, будучи за своєю суттю біологічними об’єктами, виконують функції інженерних споруд на шляхах залізничного транспорту (ШЗТ).

Мета дослідження

Метою роботи є застосування інформаційної системи для дослідження якості функціонування КЕЗТ через дослідження кіберфізичної суті консорціумів на шляхах залізничного транспорту.

Виклад основного матеріалу

Кіберфізична система (КФС) являє собою складну систему, яка об’єднує обчислення, комунікації та фізичні процеси. Інформаційна система (ІС) має ієрархічний рівень структури, потоки інформації та систему прямих і зворотних зв’язків і ґрунтується на гіпотезі про те, що зміни у системі зумовлені цими зв’язками [8, 9]. Отримання кінцевого результату є функцією параметрів окремих блоків системи, якими необхідно керуватися при обґрунтуванні та прийнятті управлінських рішень

щодо еколого-економічного розвитку КЕЗТ на ШЗТ [10].

Сукупність конструкцій захисних лісових насаджень на залізничних шляхах функціонує як єдина система або лісомеліоративний комплекс — консорція, що виконує функції екологічного каркасу, де елементи та підсистеми взаємодіють, забезпечуючи синергійний ефект.

Створення системи екотонів захисного типу — один із найбільш інноваційних шляхів забезпечення стійкості антропогенно змінених екосистем, зокрема, підвищення їх буферності за рахунок часткового відтворення лісових біогеоценозів, які є невід’ємною складовою природних ландшафтів, а також введення консорцій таких екотонів в інтразональні для них плакорні лісотипологічні умови, що дозволить забезпечити екологічну безпеку на шляхах залізничного транспорту, використовуючи винятково природні механізми захисту.

На рис. 1 наведено модуль екологічного аналізу КЕЗТ. Екологічний аналіз включає до себе ідентифікацію КЕЗТ — це процес розпізнавання системою показників і параметрів, що визначають лісове насадження як КЕЗТ; оцінка використання потенціалу КЕЗТ — застосування запасів та засобів компонентів КЕЗТ, що можуть бути використані для виконання захисних функцій на шляхах залізничного транспорту; виділення повнопрофільних та неповнопрофільних КЕЗТ — класифікація КЕЗТ за ознаками профільності, тобто чітко простежуваною структурою смуг; встановлення екологічної ємності — узагальнена характеристика, що кількісно відповідає максимальному техногенному навантаженню, яке може витримувати впродовж тривалого періоду сукупність реципієнтів та екологічних систем КЕЗТ без порушення їхніх структурних і функціональних властивостей.

Для отримання достовірної інформації про характер впливу на КЕЗТ необхідно запропонований підхід реалізовувати в таких напрямках:



Рис. 2. Модуль проектування КЕЗТ

- застосування не тільки методів математичної статистики, а й інформації про механізми реакції екотонів на зовнішній вплив;
- виявлення ступеня впливу конкретних зовнішніх факторів на стан навколишнього природного середовища (НПС);
- встановлення впливу взаємозв'язків різних параметрів;
- вивчення періодичності часової і просторової мінливості аналізованих параметрів у консорціях;
- отримання можливості роздільної оцінки кількісних параметрів розвитку природних і антропогенних процесів у консорціях та прогнозування тенденцій в екотонах при сукупному впливі природних і антропогенних факторів;
- визначення оптимального числа натурних вимірювань одного параметра в екотоні та рівня достатньої точності інструментальних засобів екосистемного моніторингу.

На рис. 2 наведено модуль проектування КЕЗТ. Алгоритм застосування показників передбачає:

- оптимізацію структури КЕЗТ — знаходження екстремуму певної функції або вибору найкращого (оптимального) варіанту з безлічі можливих — найбільш надійним способом знаходження найкращого варіанту є порівняльна оцінка всіх можливих варіантів (альтернатив);
- компартмент-модель КЕЗТ — метод аналізу статистичних даних КЕЗТ як сукупності блоків, пов'язаних між собою вхідними і вихідними потоками речовини та енергії;
- фіторизоремедіацію ґрунту — в основу методу поставлено завдання розробки нового ефективного, універсального, доступного, екологічно та економічно обґрунтованого способу ремедіації, спрямованого на культивування комплексу ремедіатив: мікоризних грибів та асо-

ційованих із ними рослинних мікроорганізмів, що володіють потенціалом до високої ризосферної біоремедіації ґрунту *in situ*. Поставлене завдання вирішується формуванням стійкої асоціації мікоризних грибів — тих, які найчастіше трапляються на територіях деєставованих ґрунтів залізничних шляхів та прилеглих до них ділянок і здатних до трансформації широкого спектру органічних та неорганічних речовин-забруднювачів, які разом із *Suillus luteus* і *Tuber melanosporum* утворюють мікоризу з рослинами, що сприяє підвищенню стійкості висаджених сіянців листяних та хвойних рослин, забезпечує відповідно виконання ними ролі фіторемедіатив, що здійснюють фітостабілізацію та фітоекстракцію забруднювачів;

- біоінженерні споруди — склад і структура насаджень, які за умови інтенсифікації залізничі здатні зберігати/відновлювати біотичне та ландшафтне різноманіття, підвищувати продуктивність КЕЗТ і здатність їх до самовідновлення, забезпечувати екологічну безпеку території — такий стан, за якого не виникають екологічні ризики, зберігається здатність КЕЗТ виконувати тепер і в майбутньому економічні, екологічні та соціальні функції на шляхах залізничного транспорту [11].

Внаслідок дотримання принципу сільватизації КЕЗТ у рослинному покриві протікають динамічні процеси; в державному секторі зростає рівень природних комплексів, а в приватному — штучних ценотичних комплексів (ЦК). Запропонований спосіб забезпечує збільшення флороценотичного насичення фітоценозів до 10–20 % й одночасно до ценотичного збагачення та збільшення ценотичної різноманітності, крім того, флористичне збагачення є умовою укладення структурної організації фітоценозів та їх екосистем, що є однією з умов створення екомережі на їх базі.



Рис. 3. Модуль екосистемного моніторингу і контролю якості КЕЗТ

На рис. 3 наведено модуль екосистемного моніторингу і контролю якості КЕЗТ. Екосистемний моніторинг і контроль якості КЕЗТ доцільно проводити за такими показниками: функціональна роль ЕЗТ; структурно-функціональні особливості КЕЗТ.

Загальний алгоритм використання визначених показників поєднує встановлення і оцінку відповідних факторів середовища шляхом прямого або непрямого визначення за матеріалами моніторингу їх кількісних показників, а також створення на основі багатоспектральних даних просторової основи для оцінки впливу об'єктів залізниці на стан НПС.

Запропонований підхід враховує властивості природних комплексів: багатозв'язковість, стійкість, комутативність, адитивність, інваріантність, а також багатофакторну кореляцію компонентів НПС:

- багатозв'язковість виражається в різнохарактерній дії транспорту на природу, яка може викликати в ній зміни, котрі складно врахувати. Якщо виразити об'єкти залізничного транспорту як $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, консорційні екотони захисного типу (КЕЗТ) – як $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$, а зв'язки, що виникають між ними, – як $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$, тоді якість стану НПС на ШЗТ (N) у будь-який момент часу (t) можна виразити функціонально залежністю:

$$Nt = \Phi[x(t), y(t), k(t)];$$

- адитивність – це можливість багатопараметричного складання різних джерел техногенної і антропогенної дії на природу, що може призвести

до непередбачуваних змін у ній. Надходження забруднень у КЕЗТ від об'єктів залізничного транспорту $dP_{\text{МЗТ}}/dt$ та інших об'єктів регіону $dP_{\text{фон}}/dt$ обмежується самоочищувальною здатністю НПС $dP_{\text{самооч}}/dt$, що виражається формулою:

$$dP_{\text{фон}}/dt + dP_{\text{МЗТ}}/dt \leq dP_{\text{самооч}}/dt;$$

- інваріантність є властивістю екосистем зберігати стабільність у межах регламентованих техногенних і антропогенних дій:

$$dP_{\text{ЗКД}}/dt \leq dP_{\text{відновл}}/dt,$$

де $dP_{\text{ЗКД}}/dt$ – кількість забруднених компонентів КЕЗТ за одиницю часу; $dP_{\text{відновл}}/dt$ – відновлювальні можливості КЕЗТ за компонентом;

- стійкість – це здатність екосистем зберігати початкові параметри до природної, техногенної і антропогенної дії;

- багатофакторна кореляція характеризує КЕЗТ із позицій їх зумовленості до випадкових і невідповідних подій з аналітичним зв'язком між ними:

$$d\Pi_{\text{кор}}/dt > dY_{\text{ст}}/dt,$$

де $d\Pi_{\text{кор}}/dt$ – стан КЕЗТ за методикою екоіндикатора 99; $dY_{\text{ст}}/dt$ – вплив на стан КЕЗТ, що може виражатись в еко-балах.

Для ефективного обліку необхідно мати достовірну, своєчасну і повну інформацію про головні параметри поточних станів компонентів КЕЗТ і техногенних факторів, що впливають на них [12]. До інформації, яка формує основу науково обґрунтованих рішень, необхідно висувати такі вимоги:

- повнота і збалансованість, отримані показники повинні дозволяти використовувати обрану стратегію оцінки і відповідати поставленим цілям проведення екосистемного моніторингу: визначити ступінь емісії забруднювачів, характеризувати проблеми якості навколишнього природного середовища [13];

- чутливість — доцільно було б встановити для кожної змінної відповідний діапазон значень, у межах якого вона може змінюватися, і відповідно до цього відібрати коректні методики її визначення [14];

- статистична залежність між станом консорції та екотоном у цілому;

- можливість інтерпретації отриманої інформації;

- доступність і надійність даних;

- принцип біоіндикації як напрямок підвищення обсягів отримання екологічної інформації при збереженні витрат на реалізацію програм [15].

Екосистемний принцип моніторингу і контролю якості КЕЗТ дозволить підвищити: рівень адекватності дійсному екологічному стану на шляхах залізничного транспорту його інформаційної моделі; оперативність отримання та достовірність первинних даних за якістю КЕЗТ на залізниці; рівень і якість інформаційного обслуговування споживачів екоінформації на основі мережевого доступу до банків та баз даних.

Висновки

Загальний алгоритм використання визначених показників поєднує встановлення і оцінку відповідних факторів КЕЗТ шляхом прямого або непрямого визначення їх кількісних показників, а також створення на основі багатоспектральних даних просторової основи для оцінки впливу об'єктів залізниці на стан навколишнього природного середовища.

Застосування інформаційної системи (ІС) КЕЗТ забезпечується шляхом створення раціональних модулів, які передбачають: відповідну організацію території; вибір форм і видів господарювання з урахуванням особливостей протікання в КЕЗТ небезпечних процесів і явищ (у т. ч. екологічних ризиків); проведення заходів щодо попередження виникнення екологічних ризиків. Запропонований підхід враховує властивості природних комплексів: багатозв'язковість, стійкість, комутативність, адитивність, інваріантність, а також багатфакторну кореляцію компонентів природи.

У контексті функціонування ІС КЕЗТ необхідне поєднання пасивних і активних форм діяльності: у полідомінантних природних екотомах — сприяння процесам самовідновлення (сильватизації деревостанів); в умовно природних екотомах — перетворення похідних фітоценозів у наближені за видовим складом і структурою до природних, відновлення різноманітності, забезпечення можливості здійснення процесів самовідновлення.

Применение информационно-измерительных систем для исследования качества процесса функционирования консорсионных экотонів защитного типа

М.В. Руда, Т.З. Бубела

Национальный университет "Львовская политехника", ул. Ст. Бандеры, 12, 79013, Львов, Украина
marichkarmv@gmail.com

Аннотация

Установлено, что консорсионные экотоны защитного типа — природные дискретные структурные единицы растительного покрова, которые имеют специфические свойства. Предложено исследование консорсионных экотонів защитного типа с помощью компартментального анализа, при этом степень управляемости консорсионными экотонами защитного типа при помощи системы блоков-компарментов зависит, в первую очередь, от выбранных критериев оптимизации. Система критериев и субкритериев обнаруживает цель любого блока в системе моделей и основных стратегических критериев, через которые достигается конечная цель управленческого процесса. Анализ таких общих свойств этих моделей, как инвариантность неотъемлемого конуса, диссипативность системы и устойчивость равновесия в линейном приближении, показывает, что результаты существенно зависят от типа описания. Обоснован общий алгоритм использования показателей, сочетающий установление и оценку соответствующих факторов консорсионных экотонів защитного типа путем прямого или косвенного определения их количественных показателей, а также создание на основе мультиспектральных данных пространственной основы для оценки влияния объектов железной дороги на состояние окружающей природной среды.

Применение информационной системы для консорционных экотонів защитного типа обеспечивается путем создания рациональных модулей, которые предусматривают: соответствующую организацию территории; выбор форм и видов хозяйствования с учетом особенностей протекания в консорционных экотонах защитного типа опасных процессов и явлений (в т. ч. экологических рисков); проведения мероприятий по предупреждению возникновения экологических рисков. Предложенный подход учитывает свойства природных комплексов: полисвязность, устойчивость, коммутативность, аддитивность, инвариантность, а также многофакторную корреляцию компонентов природы.

Ключевые слова: экотон, консорция, киберфизическая система, экосистема, экологический анализ, мониторинг.

The use of information-measuring systems in studying the quality of functioning process of consortive protective ecotones

V.M. Ruda, T.Z. Bubela

Lviv Polytechnic National University, S. Bandery str., 12, 79013, Lviv, Ukraine
marichkarmv@gmail.com

Abstract

It is established that the consortive protective ecotones are natural discrete structural units of plant cover, which have specific properties. A study of the consortive protective ecotones by compartmental analysis is proposed, while the degree of controllability of the consortive protective ecotones with the system of blocks-compartments depends, first of all, on the chosen optimization criteria. The system of criteria and subcriteria reveals an objective of a unit in the system of main strategy criteria, through which the final goal of management process is achieved. Analysis of such common features of these models as invariance of integral cone, dissipativity of system, stability of system in linear approximation shows that the results significantly depend on the type of description. The general algorithm of the use of indicators is substantiated, which combines the establishment and assessment of the corresponding factors of consortive protective ecotones by direct or indirect determination of their quantitative indicators as well as the creation on the basis of the multispectral data the spatial basis for assessing the impact of the objects of the railway on the state of the environment.

Application of the information system for consortive protective ecotones is provided by creating rational modules, which include the following: appropriate organization of the territory; selection of forms and types of management taking into account the features of occurrence of dangerous processes and phenomena (including environmental risks) in consortive protective ecotones; taking measures to prevent the occurrence of environmental risks. The proposed approach includes the properties of natural complexes: multiple connections, stability, commutativity, additivity, invariance, as well as multifactorial correlation of the components of nature.

Keywords: ecotone, consortium, cyber-physical system, ecosystem, environmental analysis, monitoring.

Список літератури

1. Бокарев В.А. Понятие управления и оптимизации биосферы. Методологические аспекты исследования биосферы. Москва: Наука, 1975. С. 268–282.
2. Винер К. Кибернетика и общество. Москва: ИЛ, 1958. 200 с.
3. Глушков В.М. Кибернетика. Энциклопедия кибернетики. Т.1. Глушков В.М. (відп. ред.) [та ін.]. Київ: Голов. ред. УРЕ, 1973. С. 473–479.
4. Борисенков Е.П. Идеи Вернадского В.И. о ноосфере и биогеохимических циклах и их современное звучание при изучении процессов, происходящих в климатической Системе и в обществе. “Академия Трипитаризма”. Москва: Эл. №77-6567. Публ. 10464, 10.06.2003. URL: [http://www.Trinitas.ru/rus/doc/0203/001a/02030016.htm.\(-7c\)](http://www.Trinitas.ru/rus/doc/0203/001a/02030016.htm.(-7c)).
5. Вернадский В.И. Биосфера. Москва: Наука, 1967. 376 с.
6. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. Москва: Наука, 1989. 263 с.
7. Бачинский Г.А. Социоэкология: теоретические и прикладные аспекты. Киев: Наукова думка, 1991. 153 с.

8. Амосов М.М. Біологічні системи. Енциклопедія кібернетики. Т.1. В.М. Глушков (відп. ред.) [та ін.]. Київ: Голов. ред. УРЕ, 1973. С. 163–165.
9. Антомонов Ю.Г. Зворотний зв'язок. Енциклопедія кібернетики. Т.1. В.М. Глушков (відп. ред.) [та ін.]. Київ: Голов. ред. УРЕ, 1973. С. 366–369.
10. Шеляг-Сосонко Ю.Р., Емельянов И.Г. Экологические аспекты концепции биоразнообразия. Экология и ноосферология. 1997. Т. 3. С. 131–140.
11. Шмальгаузен И.И. Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск: Наука, 1968. 224 с.
12. Кукурудза С.І., Гумницька Н.О., Нижник М.С. та ін. Моніторинг природних комплексів. Львів: Ред-вид. відд. Львів. ун-ту, 1995. 144 с.
13. Павловский Е.С. Ландшафтно-экологическая основа организации природопользования. *Лісівнича наука та освіта: стан та перспективи розвитку*: матеріали Міжнар. ювіл. наук.-практ. конф., присвяченої 155-річчю лісогосподарського факультету і 70-річчю Боярської лісової дослідної станції (Київ, 17–20 жовтня 1995). Київ: СП “Різо-Принт”, 1997. С. 202–204.
14. Осадчук В.С., Осадчук О.В., Ільченко О.М. Мікроелектронний частотний сенсор оптичного вимірювання для моніторингу довкілля. *II-й всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю* (Вінниця, 23–26 вересня 2009). Збірн. наук. статей. Вінниця, 2009. С. 317–320.
15. Остапенко Б.Ф., Телешек Ю.К., Пастернак В.П. Посібник з оптимізації лісомеліоративного комплексу в агроландшафтах Лівобережного лісостепу України. Харків: ХДАУ, 1995. 78 с.
16. <http://www.Trinitas.ru/rus/doc/0203/001a/02030016.htm>.(-7c) (in Russian).
5. Vernadskyi V.I. *Biosfera* [The Biosphere]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 376 p. (in Russian).
6. Vernadskyi V.I. *Biosfera i noosfera* [The Biosphere and noosphere]. Moscow, Nauka Publ., 1989. 263 p. (in Russian).
7. Bachinskyi G.A. *Sotsioekologiya: teoreticheskie i prikladnye aspekty* [Socioecology: theoretical and applied aspects]. Kyiv, Naukova dumka Publ., 1991. 153 p. (in Russian).
8. Amosov M.M. Biologichni systemy [Biological systems]. Encyclopedia of Cybernetics. Vol. 1. Glushkov V.M. (ed.) [et al.]. Kyiv, Home Edition Ukrainian Soviet Encyclopedia, 1973, pp. 163–165 (in Ukrainian).
9. Antomonov Yu.G. Zvorotnij zv'yazok [Feedback]. Encyclopedia of Cybernetics. Vol. 1. Glushkov V.M. (ed.) [et al.]. Kyiv, Home Edition Ukrainian Soviet Encyclopedia, 1973, pp. 366–369 (in Ukrainian).
10. Shelyag-Sosonko Yu.R., Emel'yanov I.G. *Ekologicheskie aspekty kontseptsii bioraznoobraziya* [Environmental aspects of the concept of biodiversity]. *Ekologiya i noosferologiya*, 1997, vol. 3, pp. 131–140 (in Russian).
11. Shmal'gauzen I.I. *Kiberneticheskie voprosy biologii* [Cybernetic questions of biology]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1968. 224 p. (in Russian).
12. Kukurudza S.I., Gumnyczka N.O., Nyzhnyk M.S. et al. *Monitoryng pryrodnykh kompleksiv* [Monitoring of natural complexes]. Lviv, 1995. 144 p. (in Ukrainian).
13. Pavlovskiy E.S. [Landscape-ecological basis of the organization of nature management]. *Lisivnichna nauka ta osvita: stan ta perspektivi rozvytku: materialy Mizhnarodnoi yuvileynoi naukovo-praktichnoi konferentsii prisvyachenoї 155-richchyu lisogospodars'kogo fakul'tetu i 70-richchyu Boyars'koi lisovoї doslidnoi stantsii* [Silviculture science and education: the state and prospects of development: materials of the International Jubilee Scientific and Practical Conference devoted to the 155th anniversary of the Silviculture Faculty and the 70th anniversary of Boyarka Forest Research Station (Kyiv, October 17–20, 1995)]. Kyiv, 1997, pp. 202–204 (in Russian).
14. Osadchuk V.S., Osadchuk O.V., Ilchenko O.M. Mikroelektronnyj chastotnyj sensor optychnogo vymiryuvannya dlya monitoryngu dovkillya [Microelectronic frequency sensor for optical measurements for environmental monitoring]. *II-j vseukrayinskij z'yizd ekologiv z mizhnarodnoyu uchastyu [II All-Ukrainian Congress of Ecologists with International Participation* (Vinnytsia, September 23–26, 2009)]. Vinnytsia, 2009, pp. 317–320 (in Ukrainian).
15. Ostapenko B.F., Teleshek Yu.K., Pasternak V.P. *Posibnyk z optymizaciyi lisomelioratyvnogo kompleksu v agrolandshaftax Livoberezhnogo lisostepu Ukrayiny* [Manual optimization lamalonga complex in agricultural landscapes of the left Bank forest-steppe of Ukraine]. Kharkiv, 1995. 78 p. (in Ukrainian).

References

1. Bokarev V.A. *Ponyatie upravleniya i optimizatsii biosfery. Metodologicheskie aspekty issledovaniya biosfery* [The concept of management and optimization of the biosphere. Methodological aspects of the study of the biosphere]. Moscow, Nauka Publ., 1975, pp. 268–282 (in Russian).
2. Viner K. *Kibernetika i obshchestvo* [Cybernetics and society]. Moscow, IL Publ., 1958. 200 p. (in Russian).
3. Glushkov V.M. (ed.). *Kibernetika* [Cybernetics]. Encyclopedia of Cybernetics. Vol. 1. Kyiv, Home Edition Ukrainian Soviet Encyclopedia, 1973, pp. 473–479 (in Ukrainian).
4. Borisenkov E.P. *Idei Vernadskogo V.I. o noosfere i biogeokhimicheskikh tsiklakh i ikh sovremennoe zvuchanie pri izuchenii protsessov, proiskhodyashchikh v klimaticheskoy Sisteme i v obshchestve* [The Ideas of V.I. Vernadsky about noosphere and biogeochemical cycles and their contemporary sound in the study of processes in the climate System and in society]. “Akademiya Tripitarizma”. Moscow, El. no.77-6567, publ. 10464, 2003. Available at: