

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 63:551.509

DOI: 10.15587/2313-8416.2018.140981

КОМПАРТМЕНТНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОНСОРЦІЙНИХ ЕКОТОНІВ ЗАХИСНОГО ТИПУ

© М. В. Руда, У. М. Тарас

Встановлено, що консорційні екотони захисного типу – природні дискретні структурні одиниці рослинного покриву, які мають специфічні властивості. Запропоновано досліджувати консорційні екотони захисного типу за допомогою компартментального аналізу. Досліджено, що вихідні потоки енергії можуть бути як відходами досліджуваної системи, так і слугувати ресурсами (вихідними потоками) в іншу систему. На всіх стадіях функціонування консорційних екотонів захисного типу має місце певне забруднення, використовуються енергія та матеріали. Визначено Есо-індикатор консорційних екотонів захисного типу, як замкненої системи матеріальних потоків, відображених у дереві процесів

Ключові слова: консорційні екотони, екотони, компартмент, математичне моделювання, індикатор, енергія, екологічний вплив

1. Вступ

Створення мінімальної моделі для консорційних екотонів захисного типу (КЕЗТ) – такої, що агрегує в невеликому числі змінних інформацію про захисні насадження і піддається чисельно-аналітичному дослідженню, є актуальним та важливим завданням в умовах антропогенної трансформації навколишнього природного середовища з боку залізниці. Одним з підходів, що реалізують цю концепцію, є компартментальний аналіз. КЕЗТ розбивається на блоки, що містять певні запаси речовини і енергії та здатні здійснювати обмін та перенесення не лише між собою, але й з навколишньою природою. На основі біологічної інформації задаються швидкості обміну, а також швидкості вхідних і вихідних потоків. Модель, яку ми отримуємо називається компартментною, а блоки – компартментами.

Перевага такого підходу полягає в тому, що, по-перше, немає потреби ретельно збирати дані про взаємодію сотень або тисяч видів, що мешкають у КЕЗТ, а по-друге, дослідник відносно вільний у виборі змінних і предмету обміну (замість біомаси можна оцінювати концентрацію будь-якого важливого для живих організмів хімічної речовини, в тому числі поліютантів та седиментів).

2. Літературний огляд

В кінці 70-х – початку 80-х років групою американських екологів на чолі з Б. Паттеном був запропонований метод аналізу статичних діаграм, який отримав назву енвірон-аналізу [1]. Вхідний або вихідний енвірон (*environment* – навколишнє середовище) даного компартмента – це сукупність

блоків, з якими він пов'язаний входять або виходять потоками. Використовуючи матричні співвідношення цього методу, можна обчислити, яка частка виходить з *i*-го компартмента потоку і потрапить в *j*-й, оцінити середній час, що проводиться речовиною в компартменті, зробити кількісні висновки про роль того чи іншого процесу (наприклад, дихання) в житті екосистеми або кругообігу хімічних елементів.

Однак енвірон-аналіз пропонує дослідження лише статичного стану системи, бо однією з його вихідних посилок є сталість потоків і запасів. Але, щоб прогнозувати поведінку екосистеми в часі, потрібно мати ще й динамічну модель. Знання однієї лише діаграми потоків і запасів недостатньо для конструювання динамічної моделі, потрібні розумні додаткові припущення, підкріплені експериментальними фактами, щоб перейти від статичної картини, наприклад, до системи КЕЗТ.

Завдання побудови моделі, яка описувала б зміна запасів у часі так, щоб в якийсь момент (або моменти) значення цих змінних і обчислених за ними потоків збігалися із заданою діаграмою, вирішується далеко не однозначно. Знизити рівень невизначеності допомагають змістовні уявлення про функціонування реальної системи, для якої будується модель, і природний постулат, що діаграма задає саме рівноважні значення запасів і потоків [2]. Обмежившись певним класом функцій, що описують потоки в залежності від поточних значень запасів, і певним типом рівнянь, скажімо, звичайними диференціальними, можна вже однозначно відновити динамічну модель по заданій статичній діаграмі.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – вивчення екологічного індексу при моделюванні типів міжблокових потоків і динамічних режимів, що виникають при зміні параметрів моделі внаслідок постійно антропогенної дії з боку залізниці.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1. Вибрати критерії оптимізації, для дослідження КЕЗТ за допомогою блоків-компаратментів.
2. Знайти чисельний вираз пропонованого підходу, який би міг відображати складні процеси що відбуваються в КЕЗТ.

4. Компартмент-модель КЕЗТ

Ступінь керованості КЕЗТ за допомогою системи блоків-компаратментів залежить, у першу чергу, від вибраних критеріїв оптимізації [3]. Система критеріїв і субкритеріїв виявляє мету будь-якого блока в системі моделей та основні стратегічні критерії, через які досягається кінцева мета управлінського процесу.

КЕЗТ складається з n компартментів, пов'язаних між собою потоками речовини f_{ki} (з k -го в i -й), кожен блок може приймати з навколишнього абіотичного середовища або інших екосистем потік q_i , а віддавати потік u_i як показано на рис. 1.

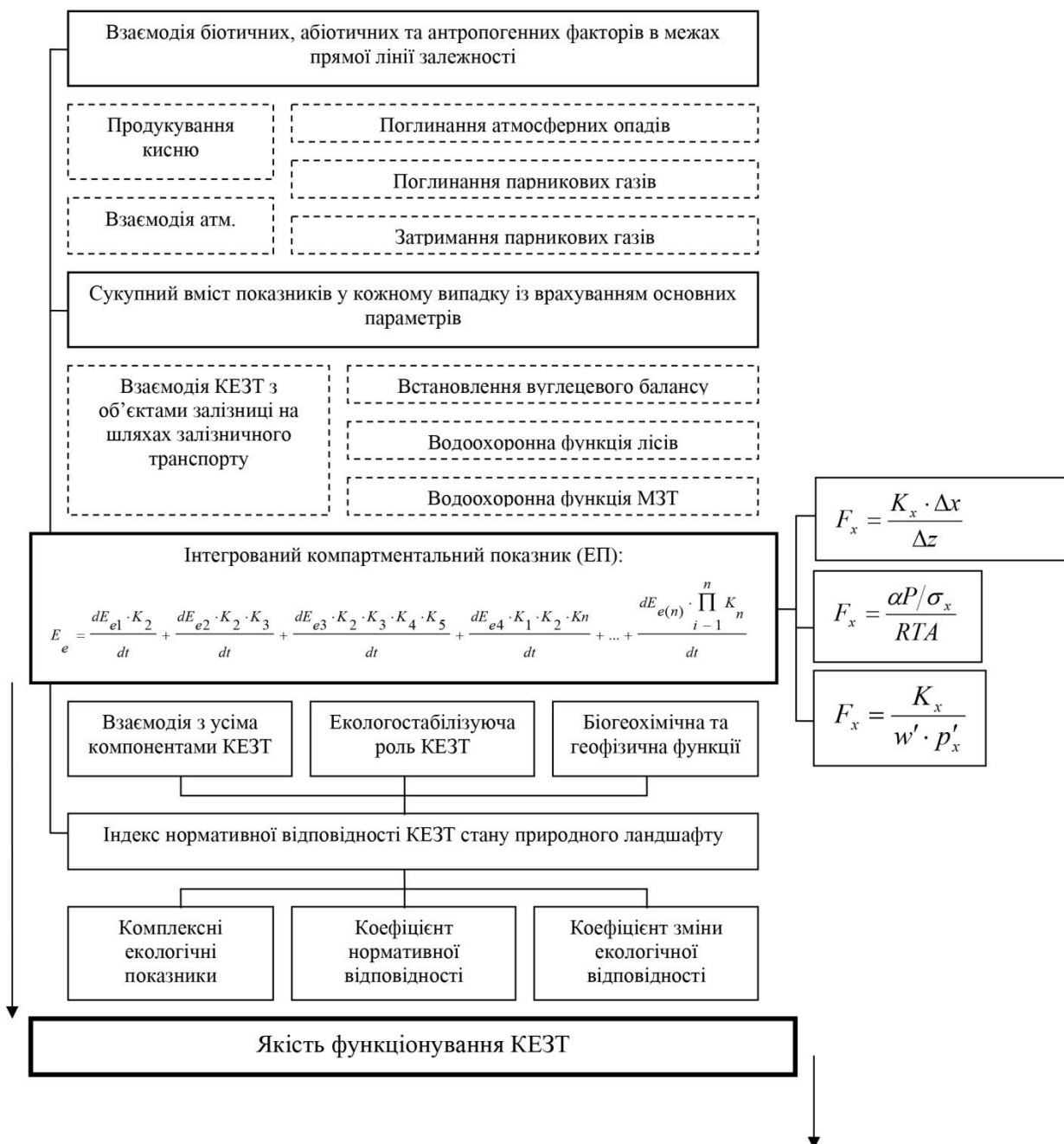


Рис. 1. Компартментальний-аналіз якості функціонування КЕЗТ

5. Результати дослідження та обговорення

КЕЗТ є замкненою системою матеріальних потоків (на протипагу енергетичним потокам). Переходячи з одного продукту в інший та змінюючи форми свого стану, матерія циклічно циркулює в цій системі [4, 5]. Саме тому загальна маса матерії не змінюється, незалежно від того що відбувається на шляхах залізничного транспорту.

При математичному моделюванні в КЕЗТ будемо розглядати їх екологічний вплив, як деякий індекс, який приймається однорідним і ізотропним у горизонтальній площині, а площа екотонів захисного типу (ЕЗТ) – досить велика для того, щоб можна було знехотити ефектом «краю поля». У цьому випадку всі перетоки енергії і речовини здійснюються тільки у вертикальному напрямку. Більш того, можна також нехувати ефектом неоднорідності ґрунту, вважаючи, що описувані процеси можуть бути віднесені до будь-якої частини ЕЗТ або до КЕЗТ в цілому. Зрозуміло, однорідних і ізотропних ЕЗТ у природі не існує, а прийнята ідеалізація – це та данина, яку треба платити за строгість математичних побудов [6, 7]. Неоднорідність моделюючої системи виявляється при цьому тільки у вертикальному напрямку: у кожний момент часу існує деякий розподіл фітоелементів по висоті КЕЗТ і по глибині ґрунтового профілю.

Виділимо деяку ділянку КЕЗТ одиничної площі. За умовами, усі такі ділянки еквівалентні. Проведемо верхню межу досліджуваної системи паралельно поверхні ґрунту на висоті H , приблизно рівній потроєній висоті дерев h . На деякій глибині R за межами шару розміщення кореневої системи проведемо нижню грань. Утворений в такий спосіб паралелепіпед і будемо розглядати як об'єкт моделювання (рис. 2).

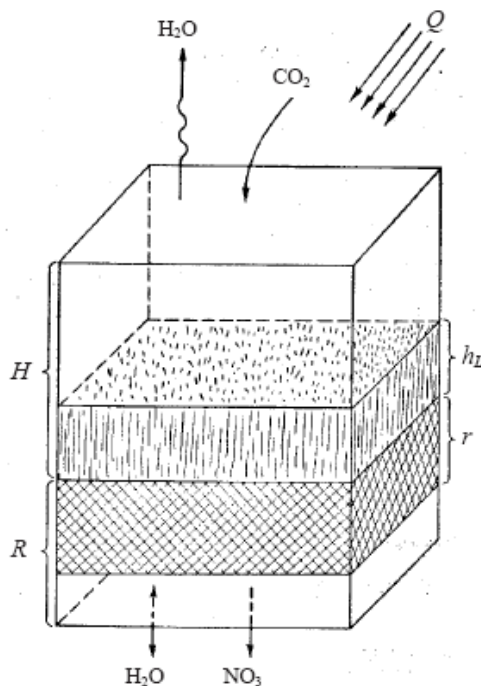


Рис. 2. Схематичне зображення ЕЗТ, як об'єкта моделювання: h_L – висота посіву; r – глибина проникнення коренів

Оскільки через бокові грані обмін енергією і речовиною не відбувається, то у виділений об'єм проникає зверху сонячна радіація і вуглекислий газ, а через верхню грань видаляються, наприклад, пари води. Точно так само означені обмінні процеси відбуваються на нижній грані. При цьому все, що надходить у систему, відноситься до її вхідних впливів, а все що з неї видаляється – або до втрат, або до відчужуваного кінцевого продукту.

Основним завданням є опис процесів вертикального енерго- і масообміну в системі, фізико-хімічних перетворень і біологічних трансформацій компонентів системи, а також фізіологічних процесів у рослинах, які призводять до їхнього росту, розвитку, а в деяких випадках хвороб та загибелі під дією забруднення [8–10].

Для аналізу якості функціонування КЕЗТ на шляхах залізничного транспорту були згруповані необхідні дані, а саме: основні ресурси, що необхідні для функціонування КЕЗТ та залізничних шляхів, комплектуючі кожної складової сировини та матеріалу, які розглядаються як входи; процеси, такі як транспортування людей та вантажів, в тому числі і небезпечних, природно-кліматичні умови (виходи). Для зручності з роботою складові частини процесу були згруповані у дві групи:

- необхідні природні ресурси;
- технічні та технологічні засоби.

Розрахований інтегрований показник – екологічний індекс, виражений в екобалах. Така можливість дозволяє порівнювати різні за своєю структурою процеси, що містять відмінність у енергетичних балансах, проте, використовують один і той самий набір (входів) компонентів навколишнього природного середовища.

Екологічний індекс становить у нашому випадку – 1,91. Отриманий результат за своєю суттю є відображенням блоків-компаратментів які розподіляються між одинадцятьма категоріями впливу відповідно до методології *Eco*-індикатора 99 і показує відносну силу небажаних впливів, кожен з відповідним матеріалом життєвого циклу у визначенні питомої ваги: канцерогенів, респіраторних речовин, змін клімату, радіації, впливу на озоновий шар, екологічність, викопних видів палива, змін у землекористуванні, мінералів, підкислення/евтрофікації. Всі від'ємні значення потрапляють у сферу функціонування КЕЗТ, і представляють собою заходи із запобігання викидів шкідливих речовин, тому дані значення свідчать про позитивні, бажані з точки зору стану навколишнього природного середовища, процеси, тобто говорять про те, що речовини вловлюються. Як обчислювальні процедури, які використовуються для агрегування даних у впливі категорій, застосовуються екологічні моделі для порівняння різних внесків у ті ж екологічні проблеми, завдання може бути досягнуто за допомогою еквівалентності факторів.

6. Висновки

1. Запропоновано підхід дослідження КЕЗТ за допомогою компартментального аналізу, при цьому ступінь керованості КЕЗТ за допомогою

системи блоків-компаратментів залежить, у першу чергу, від вибраних критеріїв оптимізації.

2. Чисельним виразом пропонуваного підходу є визначення *Eco*-індикатора КЕЗТ, як замкненої системи матеріальних потоків, відображених у дереві процесів. *Eco*-індикатор дозволяє прийняти

одну оцінку для всієї системи, враховуючи вхідні та вихідні потоки, а також природно-кліматичні умови – так званий екологічний індекс.

Це сума всіх окремих *eco*-точок або часткових індексів для всіх процесів, що мають місце в системі.

Література

1. Burden R. F., Randerson P. F. Quantitative Studies of the Effects of Human Trampling on Vegetation as an Aid to the Management of Semi-Natural Areas // The Journal of Applied Ecology. 1972. Vol. 9, Issue 2. P. 439–457. doi: <http://doi.org/10.2307/2402445>
2. Strandberg M. Radiocesium in a Danish pine forest ecosystem: A collection of papers presented at the Seminar on the Dynamic Behaviour of Radionuclides in Forests / ed. by Desmet G., Janssens A., Melin J. // Science of the Total Environment. 1994. Vol. 157. Special issue. Forests and radioactivity. Stockholm, 1992. P. 125–132.
3. Cajander A. The theory of forest types. Acta Forestalia Fennica. 1926. Vol. 29, Issue 3. doi: <http://doi.org/10.14214/aff.7193>
4. Clements F. E. Plant succession and indicators. A definitive edition of plant succession and plant indicators. New York, 1949.
5. Chiras D. D. Environmental Science: Action for a Sustainable Future. Amsterdam – Bonn... Madrid – San Juan, 1991. 549 p.
6. Cunningham W. P., Cunningham M. A., Saigo B. W. Environmental Science: a global concern. Boston – Toronto: McGraw-Hill Publisher, 2005. 630 p.
7. Enger E. D., Smith B. F. Environmental Science: a study of interrelationships. Boston – Toronto: McGraw-Hill Publisher, 2004. 477 p.
8. The role of invisible biodiversity in pasture landscapes / Green T. et. al. // Pasture Landscapes and Nature Conservation. Berlin, Heidelberg, New York, London, Tokyo: Springer, 2002. P. 135–145.
9. Harper J. L. Population biology of plants. New York: Academic Press, 1977. 892 p.
10. Kozłowski S. Ekorozwoj. Wyzwanie XXI wieku. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2000. 373 s.
11. Raunkiaer C. H. The life forms of plants and statistical plant geography, being the collected papers of C. Raunkiaer. Oxford: Clarendon Press, 1934. 632 p.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук., професор Обита А. Ф.
Дата надходження рукопису 03.07.2018*

Руда Марія Віталіївна, кандидат технічних наук, асистент, кафедра «Екологічної безпеки та природоохоронної діяльності», Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013
E-mail: marichkarmv@gmail.com

Тарас Уляна Михайлівна, кандидат сільськогосподарських наук, директор, Регіональний ландшафтний парк «Знесіння», вул. Олекси Довбуша, 24, м. Львів, Україна, 79008
E-mail: taras.ulyana89@gmail.com