

*ACDA* displays negative feedback, which stabilizes the process at the level of saturation  $b$ . The dynamics of the process is determined by the alternating dominance of contours. First, until the process reaches the mid  $Y = (a + b)/2$ , contour of positive relationship *ACBA* is dominating. After passing a given point, the dominant influence has the contour of negative communication *ACDA*. The solution of the logistic differential equation is the function

$$Y(t) = b - \frac{b-a}{1 + C e^{(b-a)kt}}, \quad C = const.$$

The differential equation (1) is a dynamic model of logistic evolution (S-curve) - the law of mutual transformation of quantitative and qualitative changes in relation to accumulation of potential of the research direction, because of the influence of cognitive processes [1].

*I. Michael R. Lissack (2002) The Interaction of Complexity and Management. Praeger (November 30, 2002)*

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**

**Волошин В.В., Волошин О.П.**

*Національний університет «Львівська політехніка»*

Математичне моделювання широко застосовується для аналізу багатьох актуальних задач, зокрема в галузі екології. Серед них можна виділити довгострокові екологічні прогнози, дослідження антропогенного впливу на навколишнє середовище, моделі походження життя, вивчення людського організму, завдання генетики тощо.

Математичні підходи створюють якісні передумови для кількісної і якісної оцінки стану природних об'єктів і явищ, а також наслідків діяльності людини в природному та соціальному середовищі. Результати таких досліджень повинні забезпечити шляхи оптимізації між людиною та окремими видами і популяціями чи екосистемами.

Структуру основних завдань екології можна представити у вигляді



Моделювання екологічних процесів проводиться, як правило, у випадках, коли проведення реального експерименту неможливе. В сучасному математичному моделюванні розрізняють тактичні і стратегічні моделі. Тактичні моделі аналізують окремі екосистеми з метою прогнозування їх стану при різноманітних впливах. Стратегічні моделі будуються з дослідницькою метою для формування загальних властивостей екологічної системи, таких як стабільність, усталеність і спроможність до саморегуляції.

Побудова математичної моделі екологічної системи повинна передбачати такі етапи:

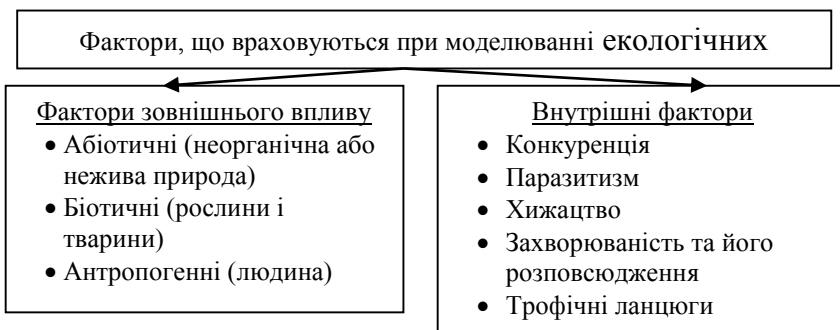
- 1) визначення мети і задачі моделювання; 2) збір нової або аналіз існуючої інформації про об'єкт, аналіз і обробка даних; 3) створення математичної моделі за допомогою формул, рівнянь і нерівностей; 4) розв'язування прикладної задачі; 5) аналіз, перевірка, звірка результатів моделі та формування висновків.

Правильно побудована математична модель допомагає побачити те, що важко отримати шляхом проведення експерименту. Проте, математичне моделювання може мати і ряд недоліків, зокрема використання складного математичного апарату, переклад отриманих математичних результатів на мову реального життя, адекватність обраної моделі тощо.

Важливою складовою математичного моделювання на сучасному етапі є використання комп'ютерних програм та інформаційних технологій. Імітаційне комп'ютерне моделювання може змінити сам характер досліджень і допомогти науковцям як у збиранні даних, так і в інтерпретації отриманих результатів. Проте, з'являється супутня проблема щодо знання екологами математичного апарату, програмних продуктів та сучасних інформаційних технологій, яка повинна

вирішуватися відповідною підготовкою кадрів. Комп'ютерне моделювання не замінює попередніх способів моделювання, які широко застосовуються і на яких базується планування людської діяльності. Воно доповнює інші види моделювання за тими параметрами, за якими комп'ютер переважає людину: за можливістю швидко і логічно бездоганно порахувати велику кількість варіантів розвитку системи.

Основними факторами, що враховуються при моделюванні екологічних систем є:



При побудові моделей екологічних систем застосовують такі основні принципи: системності; єдності структурності та ієрархічності; багатомодельного опису; єдності формалізованого і неформалізованого опису; визнання фундаментальності екологічних процесів; єдності теорії та практики.

Сучасні математичні моделі в екології можна розбити на три класи. Перший - описові моделі: регресійні та інші емпірично встановлені кількісні залежності, які не претендують на розкриття механізму досліджуваного процесу. Їх застосовують для опису окремих процесів та залежностей і включають як фрагменти в імітаційній моделі. Другий – моделі якісні, які будують з метою виявлення динамічного механізму досліджуваного процесу, здатні відтворити динамічні ефекти, які спостерігаються в поведінці систем, такі, наприклад, як коливний характер зміни біомаси або утворення неоднорідної в просторі структури. Як правило, ці моделі не дуже громіздкі, піддаються якісному дослідженню із застосуванням аналітичних і комп'ютерних методів. Третій клас – імітаційні моделі конкретних екологічних і еколого-економічних систем, які враховують всю наявну інформацію про об'єкт, систем або розв'язок оптимізаційної задачі їхньої експлуатації [1].

Переваги математичних моделей полягають у тому, що вони точні й абстрактні, передають інформацію логічно, однозначним чином. Моделі точні, оскільки дозволяють здійснювати передбачення, які

можна порівняти з реальними даними, поставивши експеримент або провівши необхідні спостереження. Моделі абстрактні, так як символічна логіка математики витягує ті і тільки ті елементи, які важливі для дедуктивної логіки міркування, виключаючи всі сторонні значення.

Найбільш адекватним засобом для еколого-економічного аналізу на сьогодні видається імітаційне моделювання, що передбачає розробку імітаційних систем [2].

Здійснений аналіз математичного моделювання екологічних процесів дає змогу зробити висновок про значне його евристичне значення. Разом з цим, потрібно визнати, що таке моделювання є найбільш точним і унікальним методом дослідження глобальних проблем.

1. Левич А.П. *Математические аспекты вариационного моделирования в экологии сообществ* / А.П. Левич, В.Л. Алексеев, В.А. Никулин. // *Математическое моделирование*. – 1994. – №5. – С.55 – 76.
2. Ляшенко І.М., Коробова М.В., Столяр А.М. *Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів* // *Навч. посібник – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2006.-304 с.*

## **МІШАНА ЗАДАЧА ДЛЯ ОДНОГО СИНГУЛЯРНО ЗБУРЕНОГО ІНТЕГРО – ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО РІВНЯННЯ**

**Цимбал В.М.**

*Львівський Національний університет ім. Івана Франка*

Дослідженням різноманітних сингулярно збурених задач для рівнянь у частинних похідних основних типів присвячена багаточисельна література. При цьому сингулярно збуреним задачам для рівнянь у частинних похідних гіперболічного типу присвячено значно менше публікацій, хоча вони мають свою специфіку зв'язану з наявністю характеристичних напрямків і їх зв'язку з коректною постановкою задачі, а також із скінченністю області залежності для гіперболічних рівнянь. В основному, розглядалися випадки зміни порядку рівняння та зміни типу рівняння, однак, для гіперболічних рівнянь можлива ситуація виродження гіперболічного рівняння у гіперболічне того ж самого порядку з втратою частини умов, що зумовлює появу в асимптотиці функцій примежового шару [1–6].