

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЕКОСИСТЕМ ТА КІНЕТИКА ПРОЦЕСІВ У РОЗЧИНАХ

Динамічні системи та їх еволюція

Хімічна кінетика та її зв'язок з моделюванням еволюції екологічних і хімічних систем. Динамічна система як модель навколишнього середовища.

Лінійна нерівноважна термодинаміка

Рівняння одновимірної дифузії та його застосування до прогнозування змін у навколишньому середовищі під впливом антропогенних факторів.

Стаціонарні точки двовимірної динамічної системи.

Критерій стійкості Ляпунова і його застосування для прогнозування поведінки екологічних систем і оптимізації екологічного моніторингу.

Вступ до синергетики

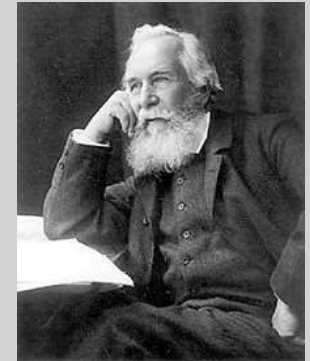
Принципові труднощі довгострокових прогнозів поведінки екосистем.

Елементи фізичної кінетики

Застосування фізичної кінетики у прогнозуванні еволюції екосистем

ЭКОЛОГИЯ

Экология - наука о взаимодействиях живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой (Эрнст Геккель, 1866 г.).



Экология — биологическая наука, которая исследует структуру и функционирование систем надорганизменного уровня (популяции, сообщества, экосистемы) в пространстве и времени, в естественных и изменённых человеком условиях.

Главная задача прикладной экологии — разработка принципов рационального использования природных ресурсов.

Методы исследований в экологии подразделяются на *полевые, экспериментальные и методы моделирования.*

ЭКОСИСТЕМЫ



Экосистема, или экологическая система — биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов (биоценоз), среды их обитания, системы связей, осуществляющей обмен веществом и энергией между ними. Одно из основных понятий экологии.

Пример экосистемы — озеро с обитающими в нём растениями и рыбами, составляющими живой компонент системы, биоценоз. Для озера как экосистемы характерны донные отложения определенного состава, химический состав и физические параметры.

ТЕРМОДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ

На современном уровне знаний ни один экологический процесс не привел «к отмене» физических законов. Поэтому, для построения экологических моделей и их изучения можно использовать законы феноменологической термодинамики.

Организмы, составляющие экосистему, постоянно рассеивают энергию, чтобы поддерживать свои структуры и развиваться. Иными словами, в процессе жизнедеятельности они поглощают свободную энергию, производя энтропию. Энтропия “здоровой” экосистемы в среднем не должна возрастать. Поэтому она должна отдавать произведенную энтропию внешней среде.

Таким образом, адекватное описание эволюции экосистемы требует применения законов неравновесной термодинамики.

ЛИНЕЙНАЯ НЕРАВНОВЕСНАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Уравнение диффузии — поток компоненты смеси J_c пропорционален градиенту концентрации C :

$$J_c = -D \operatorname{grad}(C), \quad D > 0$$

Уравнение теплопроводности — тепловой поток I пропорционален градиенту температуры T :

$$I = -\chi \operatorname{grad}(T), \quad \chi > 0$$

Закон Ома — плотность электрического тока j пропорциональна градиенту потенциала φ :

$$j = -\sigma \operatorname{grad}(\varphi), \quad \sigma > 0$$

ЛИНЕЙНЫЙ ЗАКОН И СООТНОШЕНИЕ ВЗАИМНОСТИ ОНЗАГЕРА

Термодиффузия (эффект Людвига-Соре) :

$$J_c = -D_c \text{grad}(C) - \chi_c \text{grad}(T)$$

Диффузионный термоэффект (эффект Дюфура) :

$$I = -D_T \text{grad}(C) - \chi_T \text{grad}(T)$$

$$\text{Эксперимент: } D_T = \chi_c$$

Линейный закон: поток I_i , вызванный термодинамическими силами X_i пропорционален этим силам

$$I_i = \sum_{j=1}^n L_{ij} X_j, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad L_{ij} - \text{кинетические коэффициенты}$$

$$L_{ij} = L_{ji}, \quad i, j = 1, 2 \dots n$$

УРАВНЕНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭНТРОПИИ

Изолированная система вблизи положения равновесия

$$S = S_0 - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n g_{ij} \Delta x_i \Delta x_j + \dots \quad \longrightarrow \quad \frac{\partial S}{\partial t} = - \sum_{ij=1}^n g_{ij} \frac{\partial(\Delta x_i)}{\partial t} \Delta x_j$$

$$I_i = \frac{\partial(\Delta x_i)}{\partial t}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$X_i = \frac{\partial(\Delta S)}{\partial(\Delta x_i)} = - \sum_{j=1}^n g_{ij} \Delta x_j$$

При малых отклонениях от положения равновесия

$$\sigma = \frac{\partial S}{\partial t} = \sum_{i=1}^n I_i X_i$$

$$\sigma = \sum_{ik} L_{ik} X_i X_k$$

ТЕОРЕМА ПРИГОЖИНА

(принцип минимума производства энтропии
в стационарном состоянии)

$$dS = d_e S + d_i S = 0 \quad \longrightarrow \quad d_e S = -d_i S \leq 0$$

$$X_i = \text{const}, \quad i = 1, 2 \dots k \quad \quad X_n = X_n(t), \quad n = k + 1, k + 2 \dots N$$

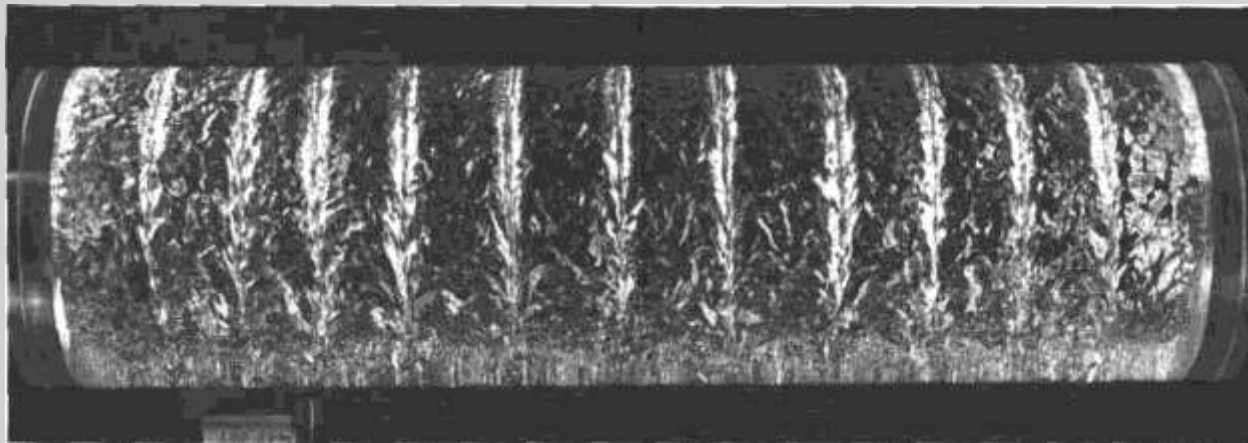
В точке экстремума функции $\sigma(X_{k+1} \dots X_N)$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial X_n} = \sum_{i=1}^N L_{in} X_i = J_n = 0, \quad n = k + 1, \dots N$$

$$X_n = \text{const}, \quad n = k + 1, \dots N$$

ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ

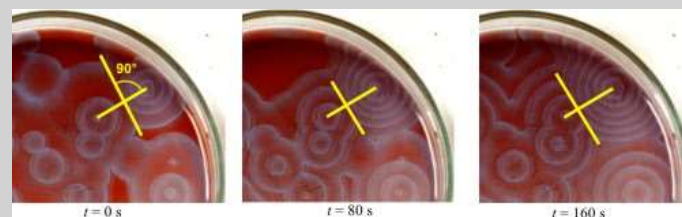
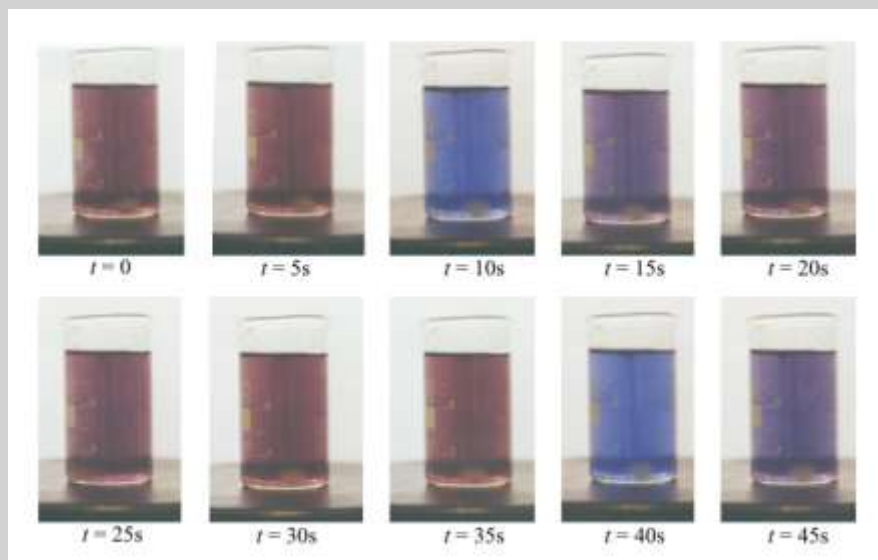
Стационарные состояния, описываемые макроскопическими параметрами, которые появляются вдали от состояния термодинамического равновесия называются диссипативными структурами



Ячеистые структуры во вращающемся горизонтальном цилиндре

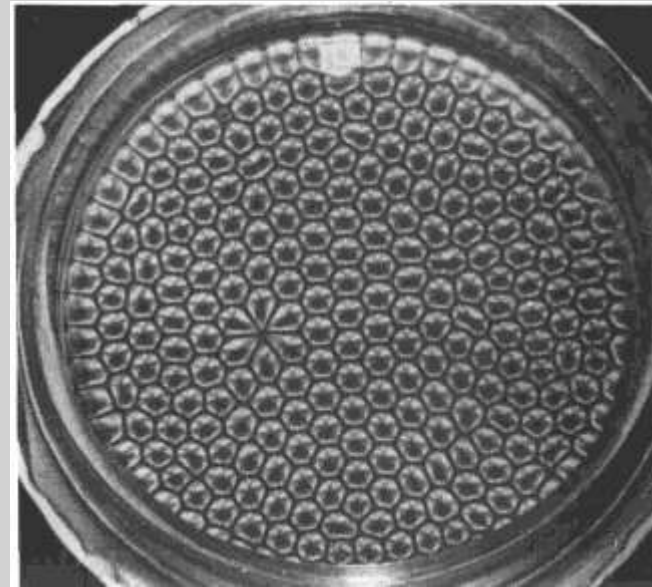
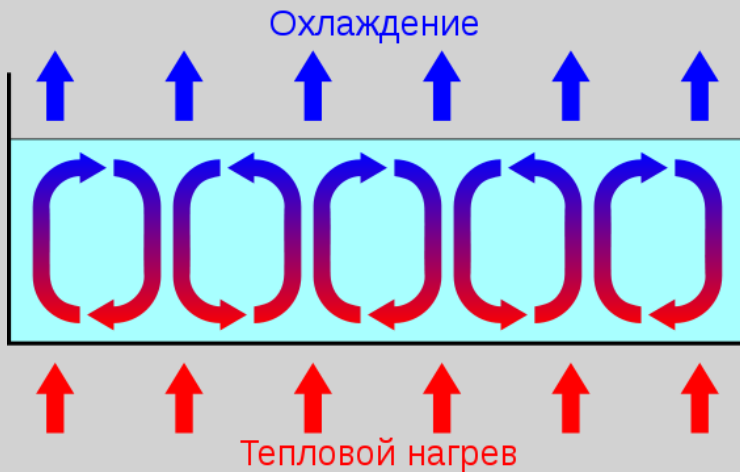
КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Реакция Белоусова — Жаботинского — класс химических реакций, протекающих в колебательном режиме, при котором некоторые параметры реакции (цвет, концентрация компонентов, температура и др.) изменяются периодически, образуя сложную пространственно-временную структуру реакционной среды.



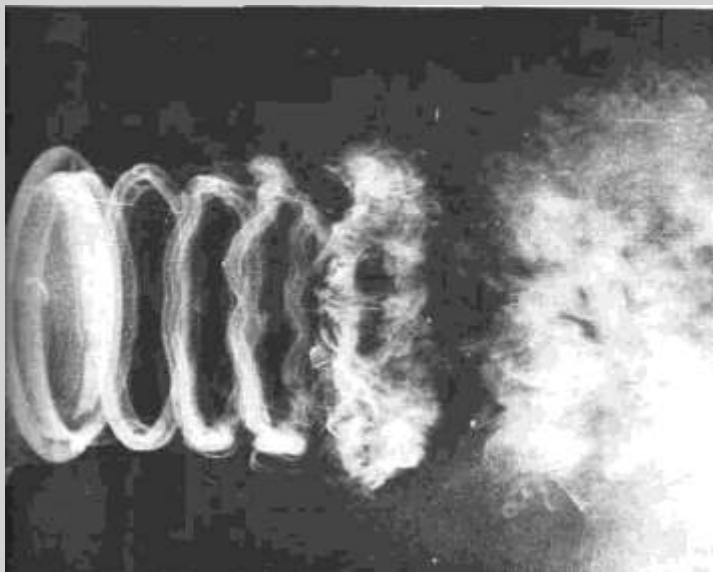
ЯЧЕЙКИ БЕНАРА

Ячейки Бенара — возникновение упорядоченности в виде конвективных ячеек в форме цилиндрических валов или правильных шестигранных структур в слое вязкой жидкости равномерно подогреваемой снизу.



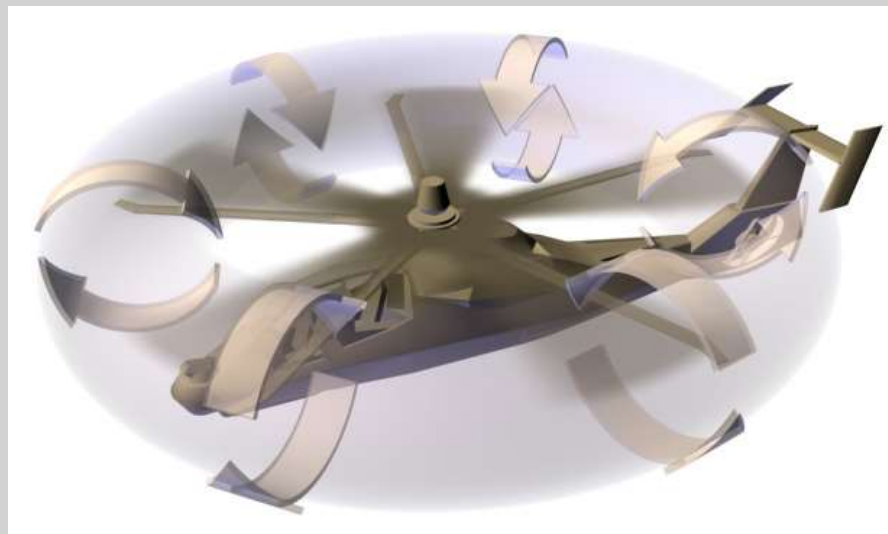
ТОРОИДАЛЬНЫЙ ВИХРЬ

Тороидальный вихрь (Вихревое кольцо) — явление, при котором область вращающейся жидкости или газа в процессе перемещения принимает форму тороида (бублика)



ЭФФЕКТ ВИХРЕВОГО КОЛЬЦА ПРИ ПОЛЕТАХ НА ВОЕННЫХ ВЕРТОЛЕТАХ

Образование вихревого кольца при быстром вертикальном снижении вертолета в собственной струе воздуха



НЕРАВНОВЕСНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Переходы многочастичных систем, находящихся вдали от состояния термодинамического равновесия в стационарные состояния с пространственной или временной когерентностью.

Бифуркации и управляющие параметры

