

Хаос в биологических системах

Чирятьева А. Е., гр. 14315,
кафедра биомедицинской физики ФФ НГУ

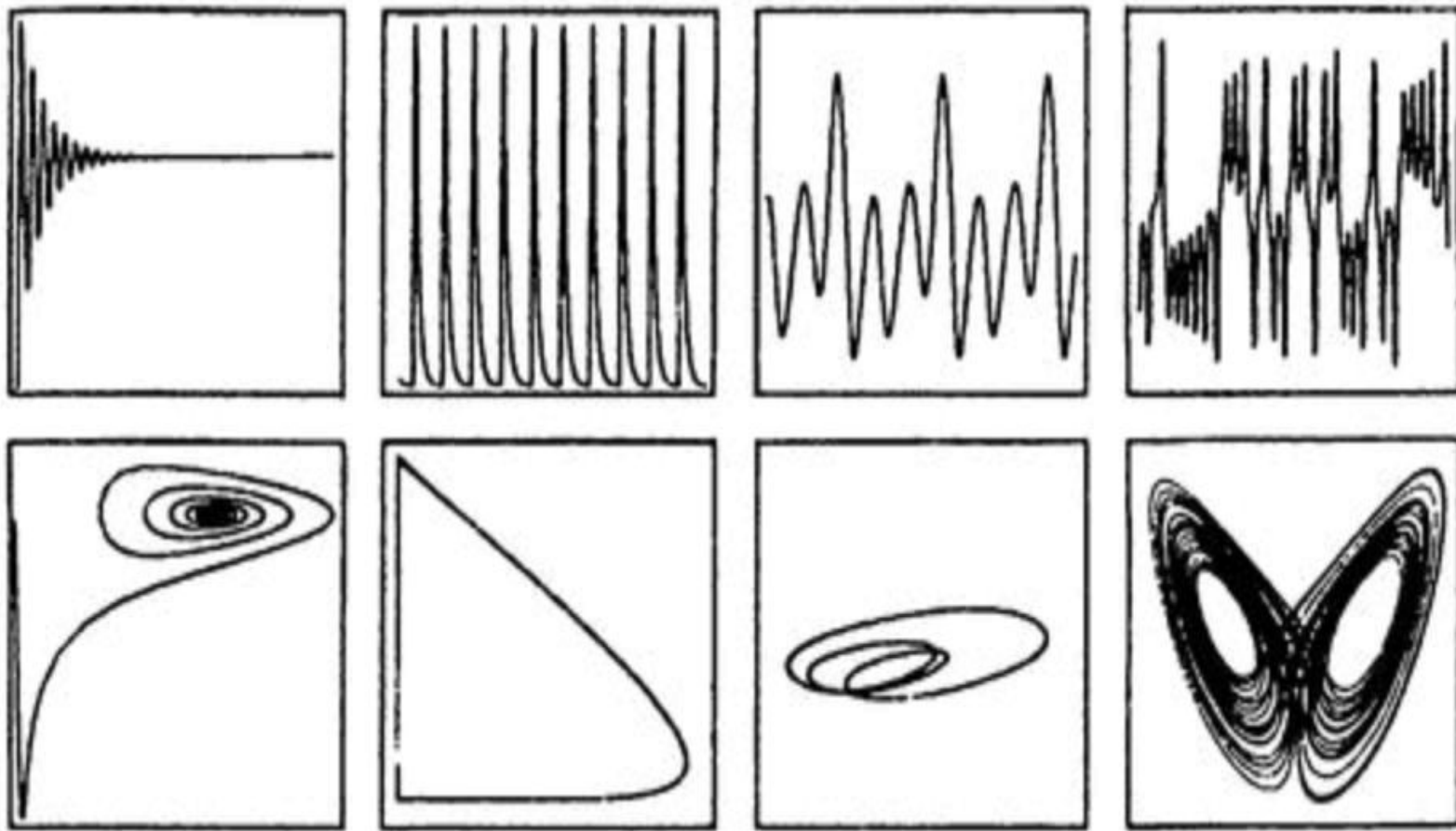
- Определение детерминированного хаоса
- Хаос в биосистемах
 - ✓ Экология и популяции
 - ✓ Ткани и органы
 - ✓ Клетки и молекулы
- Выводы

Что такое хаос?

Хаос \neq дезорганизация

Детерминированный (динамический) хаос – явление, которому подвержены динамические системы при наличии неустойчивости по отношению к начальным условиям.

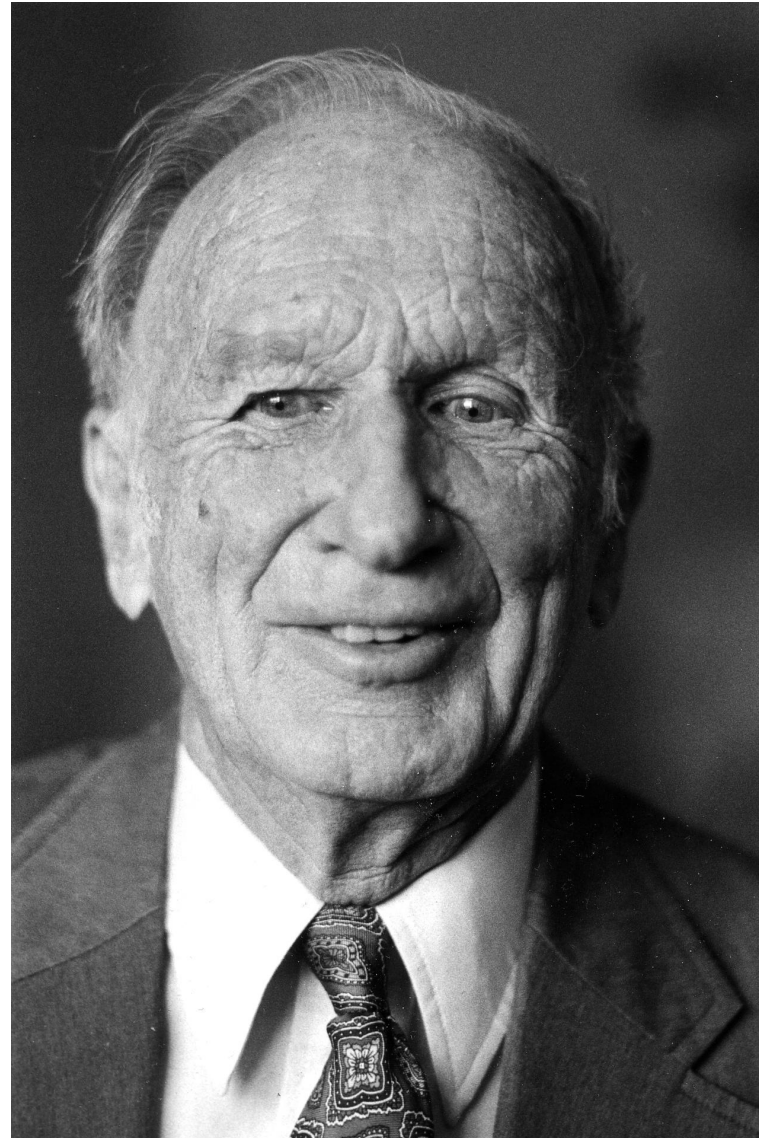
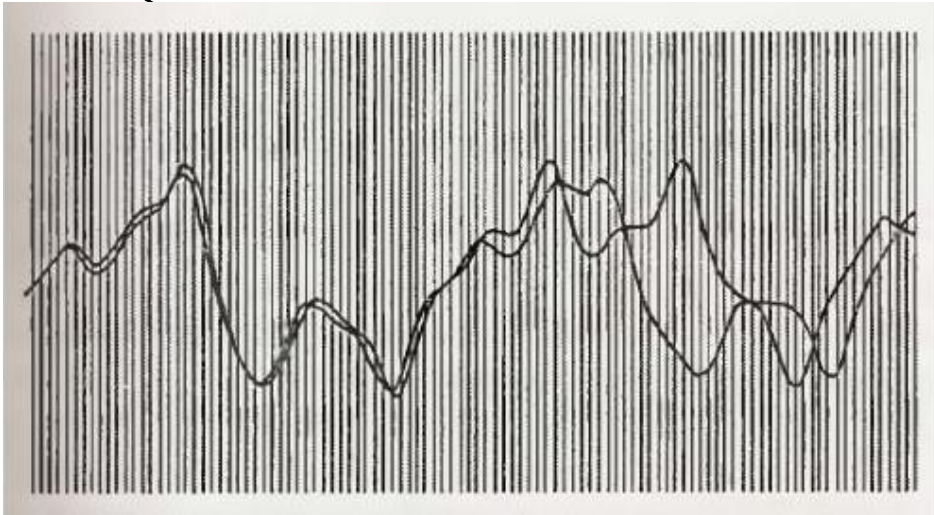
Построение временных последовательностей (вверху) и траекторий в фазовом пространстве (внизу) для различных систем

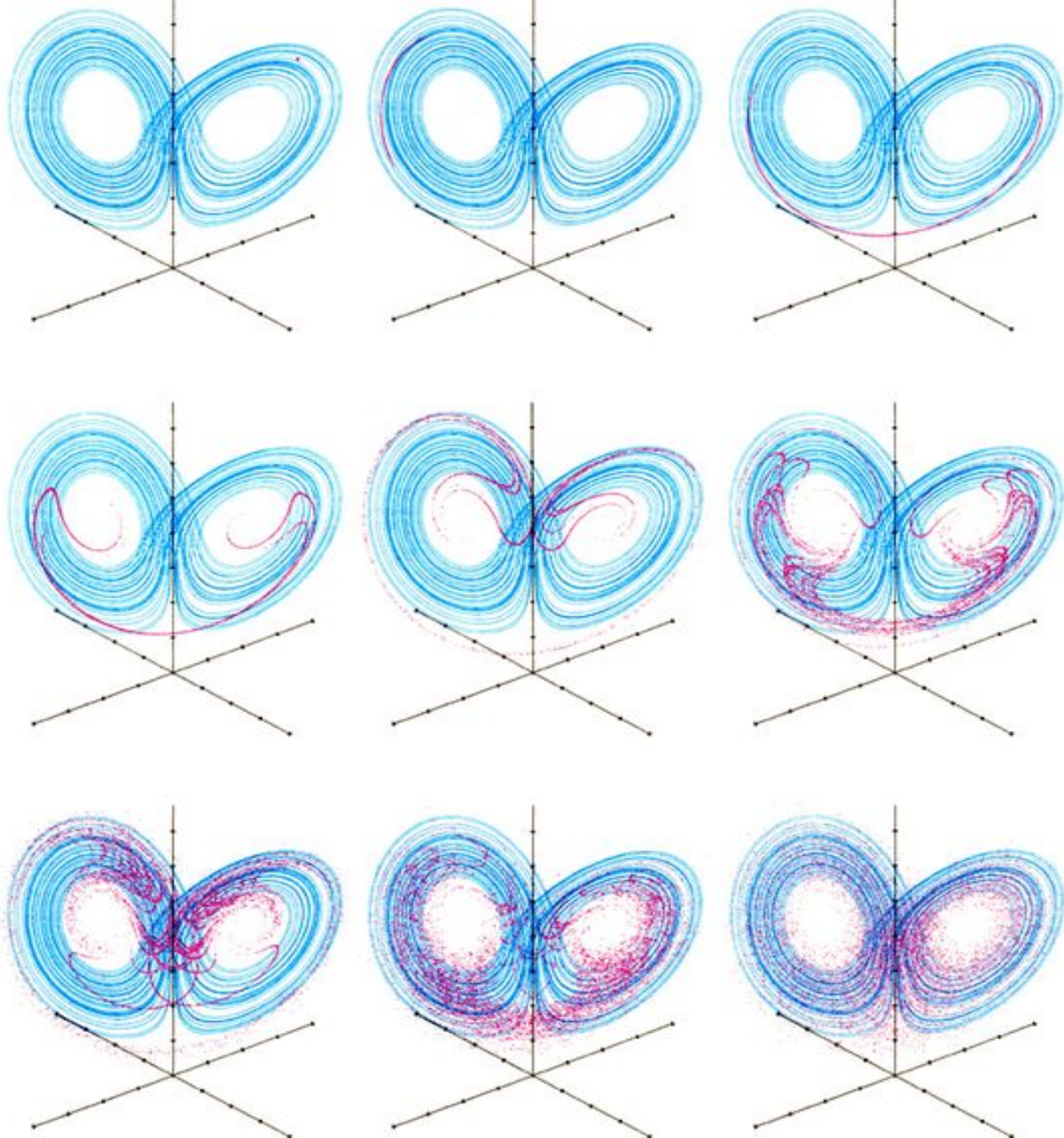


Система Лоренца

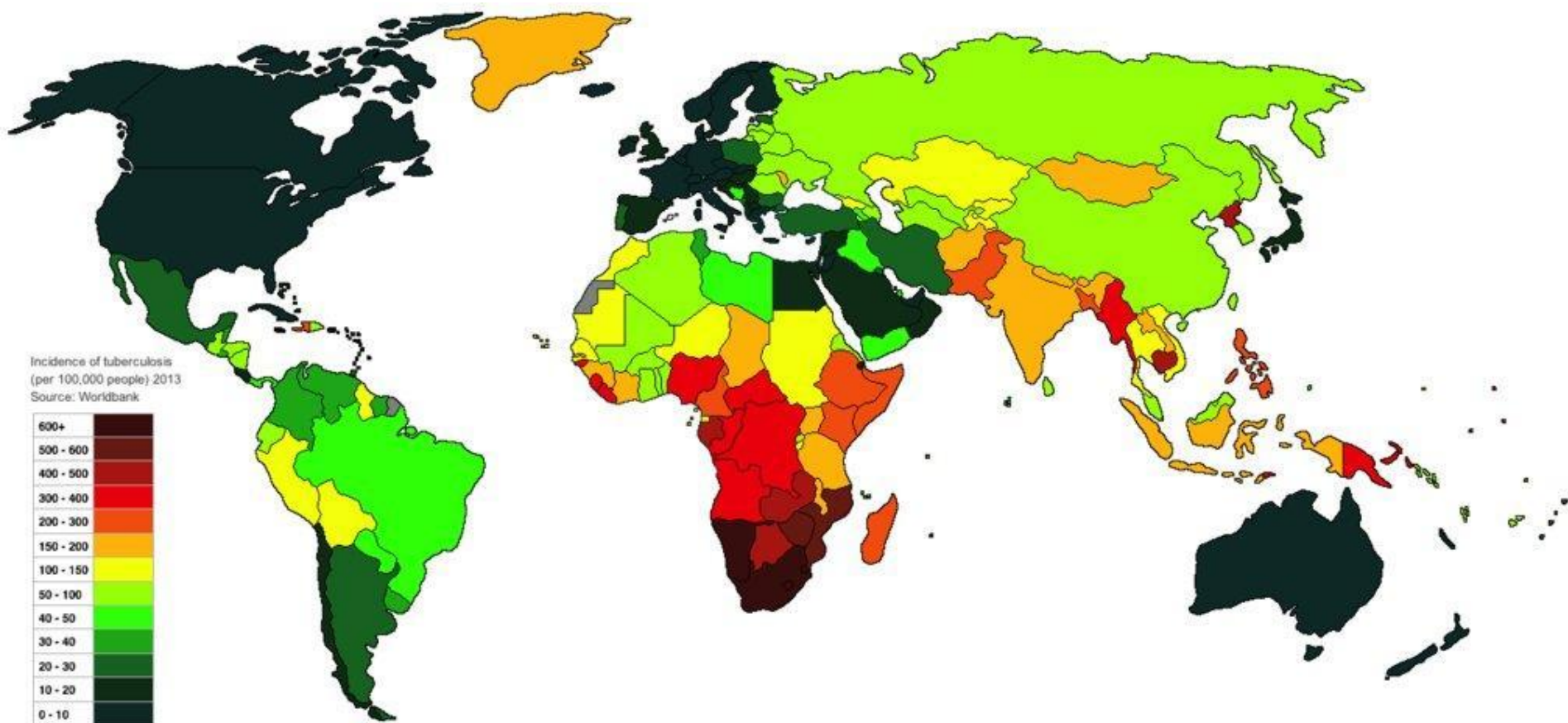
- Эдвард Нортон Лоренц (1917-2008)

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) \\ \dot{y} = x(r - z) - y \\ \dot{z} = xy - bz \end{cases}$$

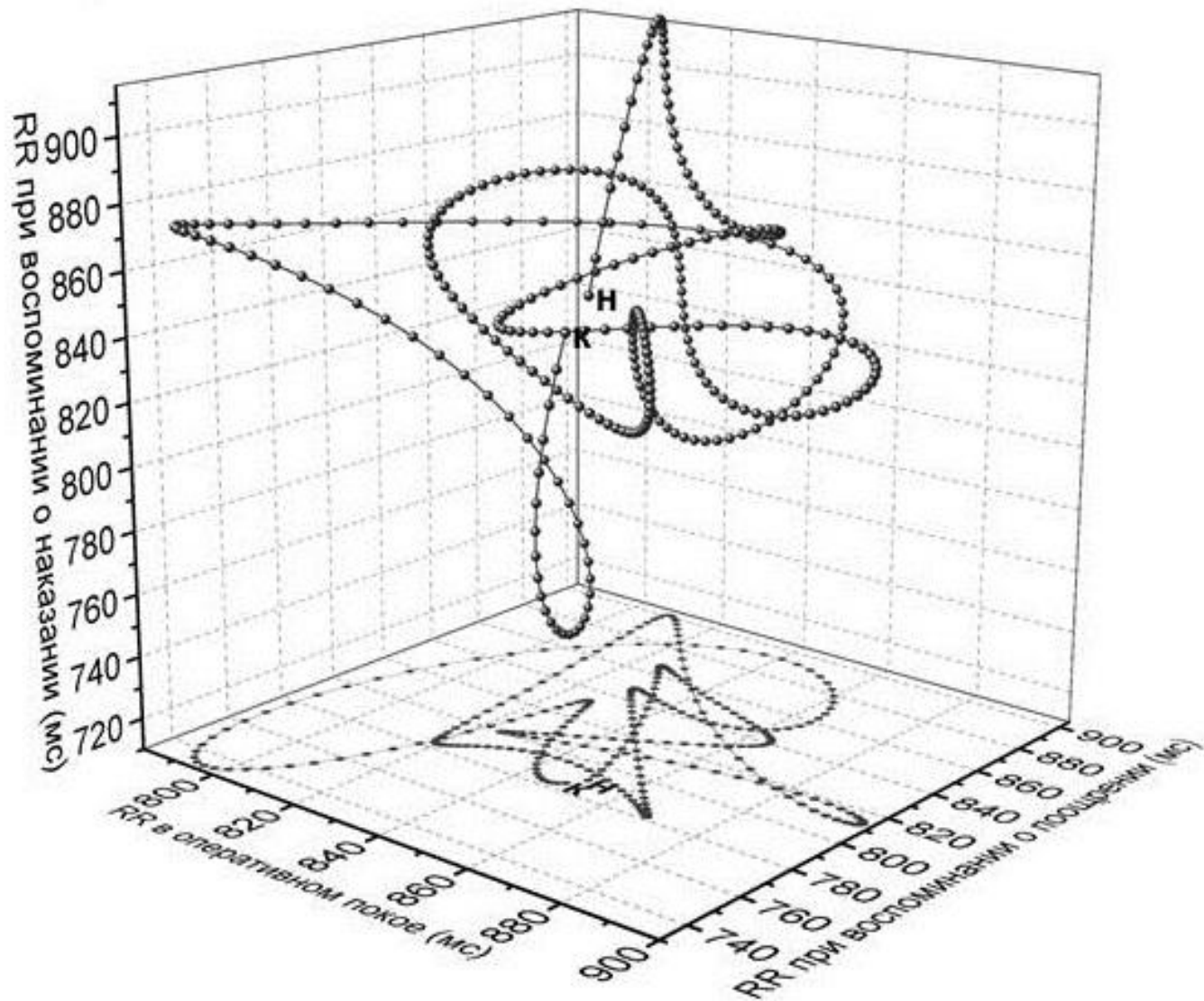




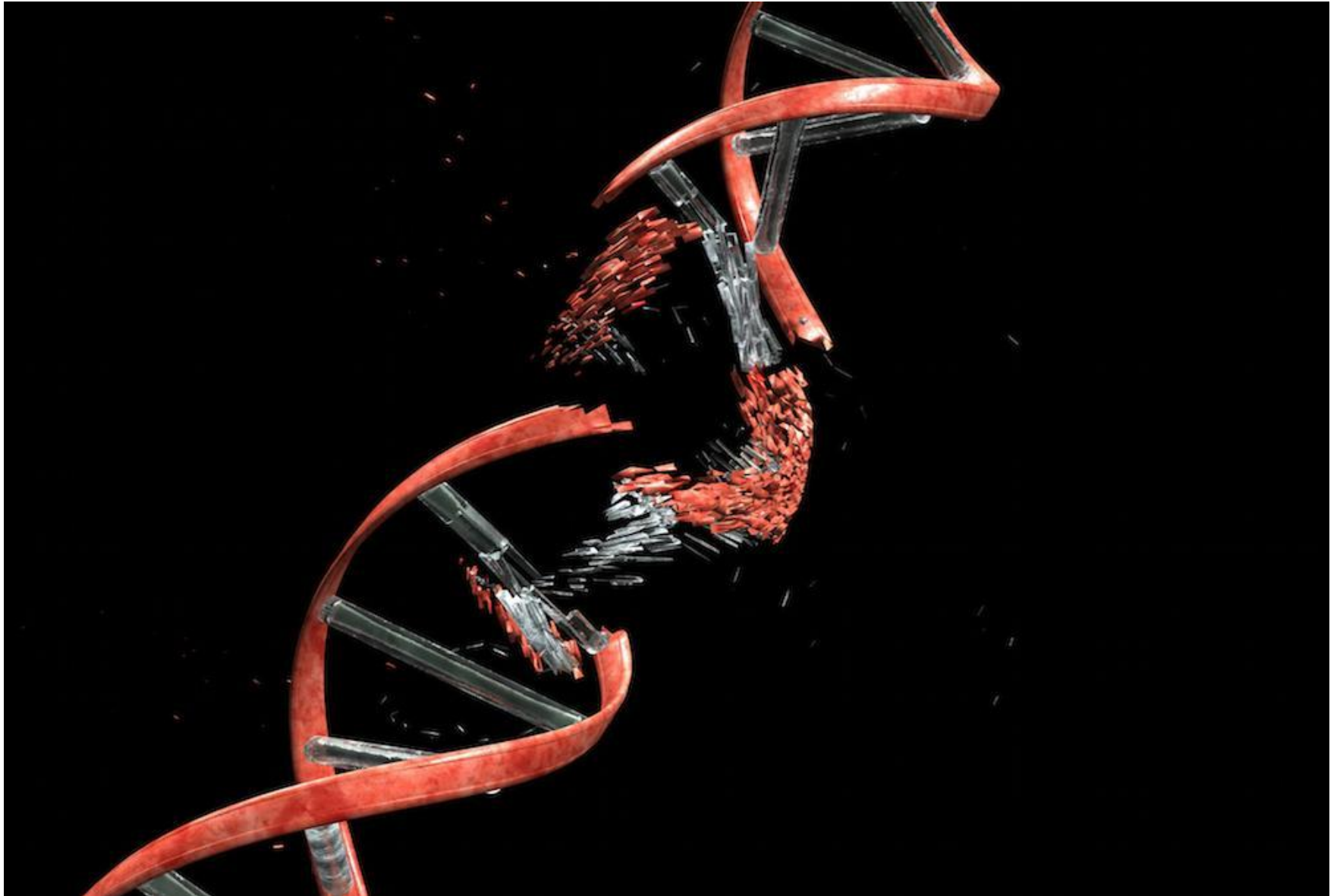
Количество граждан, заболевших туберкулезом на каждые 100 000 населения в 2013 году



Траектории сердечного ритма



Мутации ДНК



Прогнозирование эволюции генов

$$\begin{cases} P'_i(t) = 0 & i \notin J(t) \\ P'_i(t) = \sum_{j=1}^{64} \left(A^{(t)} - I \right)_{ji} P_j(t) & i \in J(t) \end{cases}$$

- $P(t)$ – вероятность появления тринуклеотида i в момент времени t
- $A^{(t)}$ – матрица мутаций в момент времени t , причём $A^{(t)}_{ij} = P^{(t)}(i \rightarrow j)$ – вероятность того, что i -тый нуклеотид мутирует в j -тый
- $J(t)$ – набор всех нуклеотидов в момент времени t

Дискретизация

$$\begin{cases} P_i(t_k) = P_i(t_{k-1}) & i \notin J(t) \\ P_i(t_k) = h \sum_{j=1}^{64} \left(A^{(k)} - I \right)_{ji} P_j(t_{k-1}) + P_i(t_{k-1}) & i \in J(t) \end{cases}$$

- $h = t_k - t_{k-1}$
- На каждом отрезке $[t_{k-1}, t_k]$
 $A^{(t)} = A = \text{const}$

Выводы

Наличие неустойчивости по отношению к начальным условиям обуславливает возникновение неопределённости поведения системы во времени – детерминированного хаоса.

Биологические системы на всех уровнях организации демонстрируют хаотическое поведение.

Литература

1. Глейк Д. Хаос. Создание новой науки. Санкт-Петербург: Амфора, 2001
2. Кратчфилд Д. П., Фармер Д. Д., Паккард Н. Х., Шоу Р. С. Хаос// В мире науки. 1987. №2
3. Nikolaeva E. I., Vergunov E. G., Dobrin A. V. Application of the instruments of a nonlinear analysis in psychophysiological research on an example of description of a heart rate dynamics of children with left and right predominance in the emotional state of different valence// Modern problems of science and education. 2014. № 6
4. Исаева В. В., Чернышев А. В., Шкуратов Д. Ю. Фракталы и хаос в морфологии организма// Вестник ДВО РАН. 2001. №2
5. Bahi J. M., Guyeux C., Perasso A. Chaos in DNA evolution.// International Journal of Biomathematics. 2016. Vol. 9, №. 5