

Государственный медицинский университет г. Семей  
Кафедра: Истории Казахстана и ООД  
Дисциплина: Медицинская биофизика

# СРС

На тему: **Математическое моделирование  
биофизических процессов.**

Выполнила: Толеген Ж.Е.  
ОМФ-115  
Проверила: Ковалева Л.В.

Семей, 2015

# План

1. Введение
2. Моделирование
3. Основные этапы моделирования
4. Классификация моделей
5. Математические модели роста численности популяции
6. Модель естественного роста численности популяции (модель Мальтуса)
7. Модель изменения численности популяции с учетом конкуренции между особями (модель Ферхюльста).
8. МОДЕЛЬ «ХИЩНИК - ЖЕРТВА» (модель Вольтерра)
9. Самоорганизация. Синергетика
10. Фармакокинетическая модель
11. Заключение
12. Список использованной литературы

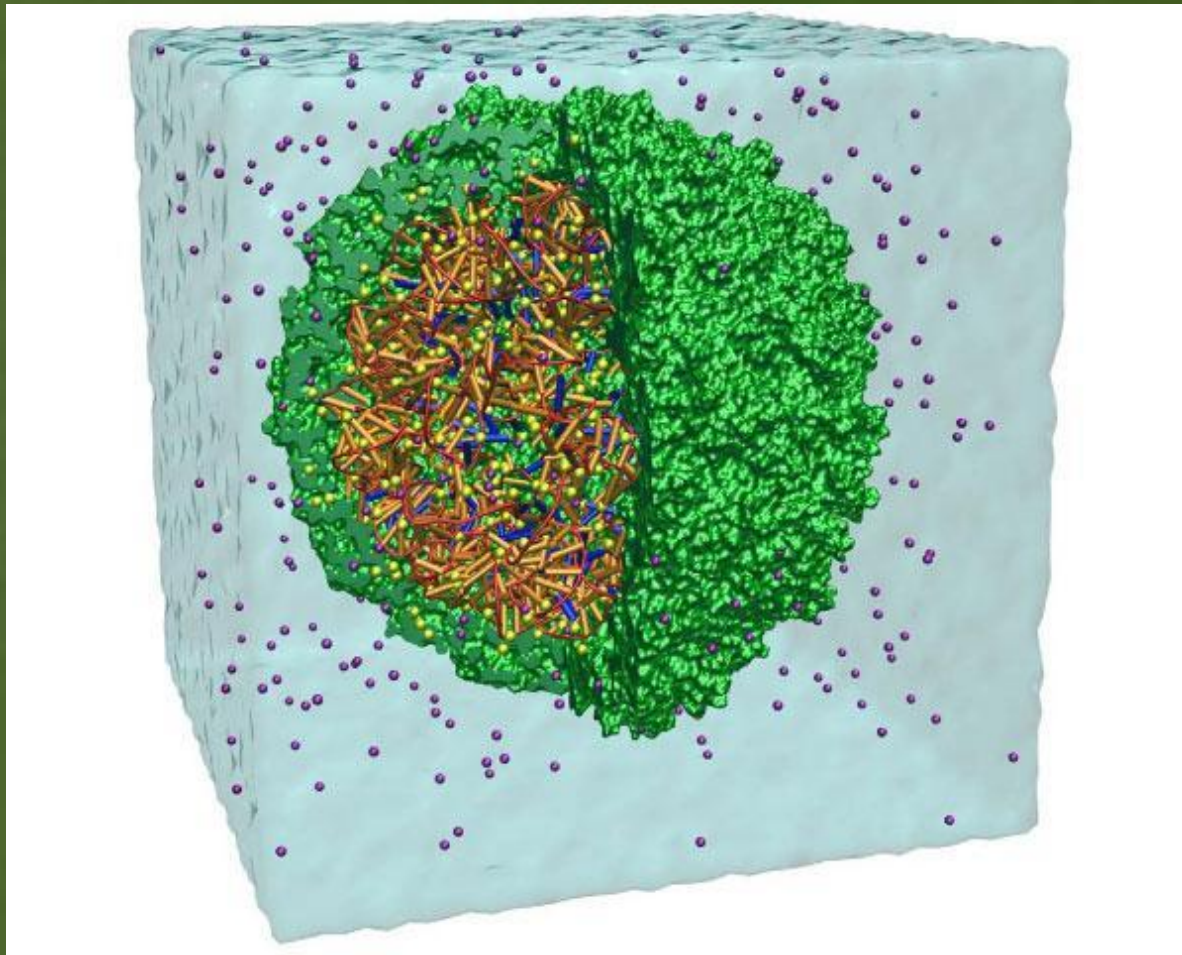
# Введение

- **Моделирование** – один из основных методов биофизики. Он используется на всех уровнях изучения живых систем, начиная от молекулярной биофизики, биофизики мембран, биофизики клетки и органов, кончая биофизикой сложных систем.
- Разнообразие процессов в живом организме настолько велико, что невозможно получить полное и детальное представление о поведении столь сложной системы. Поэтому для разработки новых методов диагностики, лечения, фармации применяется метод моделирования. Некоторый объект (процесс, явление) вследствие его сложности заменяется моделью, т.е. объектом, подобным ему, но осознанно упрощённым.

# Моделирование

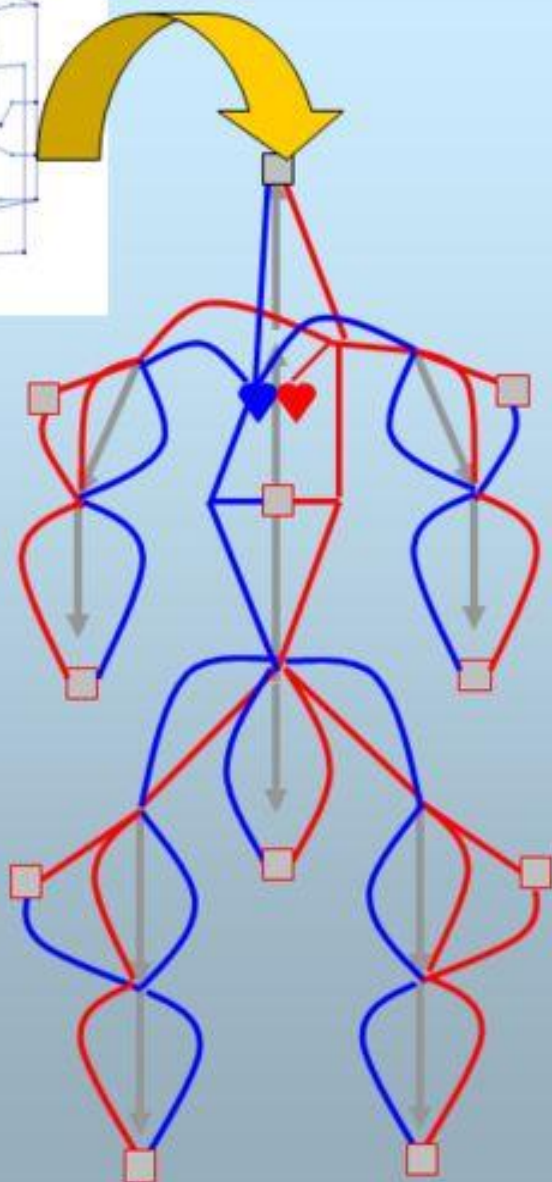
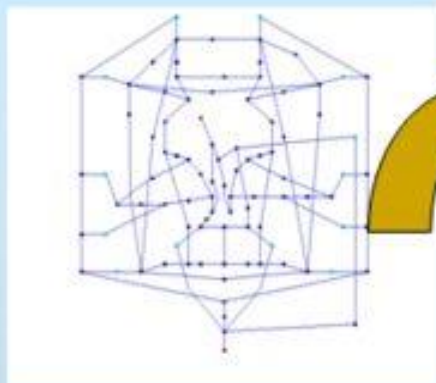
- **Модель** – это всегда некое упрощение объекта исследования и в смысле его структуры, и по сложности внутренних и внешних связей, но обязательно отражающее те основные свойства, которые интересуют исследователя.
- **Моделирование** - это метод, при котором производится замена изучения некоторого сложного объекта (процесса, явления) исследованием его модели.

# Моделирование вируса табачной мозаики в водном растворе



# Основные этапы моделирования:

- 1. Первичный сбор информации.** Исследователь должен получить как можно больше информации о разнообразных характеристиках реального объекта: его свойствах, происходящих в нем процессах, закономерностях поведения при различных внешних условиях.
- 2. Постановка задачи.** Формулируется цель исследования, основные его задачи, определяется, какие новые знания в результате проведенного исследования хочет получить исследователь. Этот этап часто является одним из наиболее важных и трудоемких.
- 3. Обоснование основных допущений.** Другими словами, упрощается реальный объект, выделяются из характеристик не существенные для целей исследования, которыми можно пренебречь.
- 4. Создание модели, ее исследование.**
- 5. Проверка адекватности модели реальному объекту.**  
Указание границ применимости модели.



Моделирование пространственной структуры графа кровеносных сосудов человека позволяет существенно повысить адекватность математической модели физическим и физиологическим процессам в организме. Это принципиально важно при рассмотрении влияния гравитационных перегрузок на процесс кровообращения и для моделирования функционирования кровеносной системы в движении.

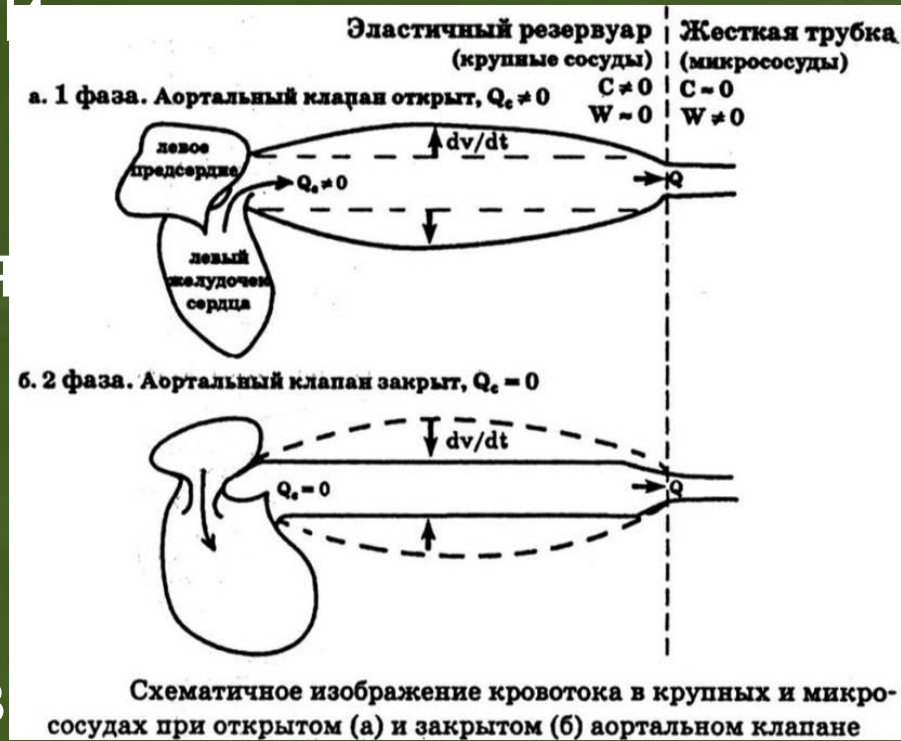


# Классификация моделей

В биофизике, биологии и медицине часто применяют **физические, биологические, математические модели**. Также распространено **аналоговое моделирование**.



- Физическая модель** имеет физическую природу, часто ту же, что и исследуемый объект. Например, течение крови по сосудам моделируется движением жидкости по трубам (жестким или эластичным). При моделировании электрических процессов сердце его рассматривают как электрический токовый диполь.



- **Биологические модели** – представляют собой биологические объекты, удобные для экспериментальных исследований, на которых изучаются свойства, закономерности биофизических процессов в реальных сложных объектах. Например, закономерности возникновения и распространения потенциала действия в нервных волокнах были изучены только после нахождения такой удачной биологической модели, как гигантский аксон кальмара. Опыт Уссинга, доказывающий существование активного транспорта, был проведен на биологической модели – коже лягушки, которая моделировала свойство биологической мембраны осуществлять активный транспорт.

- **Математические модели** - описание процессов с помощью математических уравнений, как правило, дифференциальных. Для реализации математических моделей в настоящее время широко используются компьютеры. С помощью ЭВМ проводят так называемые «машинные эксперименты», при исследовании патологических процессов в кардиологии, развития эпидемий и т.д. При этом можно легко изменять масштаб по времени: ускорить или замедлить течение процесса, рассматривать процесс в стационарном режиме, как это предложено в модели сокращения мышцы (модель Дещеревского), и по пространству.
- Теоретически создавать объекты с новыми свойствами, так, например, получать лекарственные препараты более эффективного действия. С помощью ЭВМ можно решать сложные уравнения и прогнозировать поведение системы: течение заболевания, эффективность лечения, действие фармацевтического препарата и т.д.

$$\begin{cases} \frac{dn}{dt} = k_1(\alpha - n - m) - \frac{n}{\delta}, \\ \frac{dm}{dt} = \frac{n}{\delta} - k_2 m, \end{cases}$$

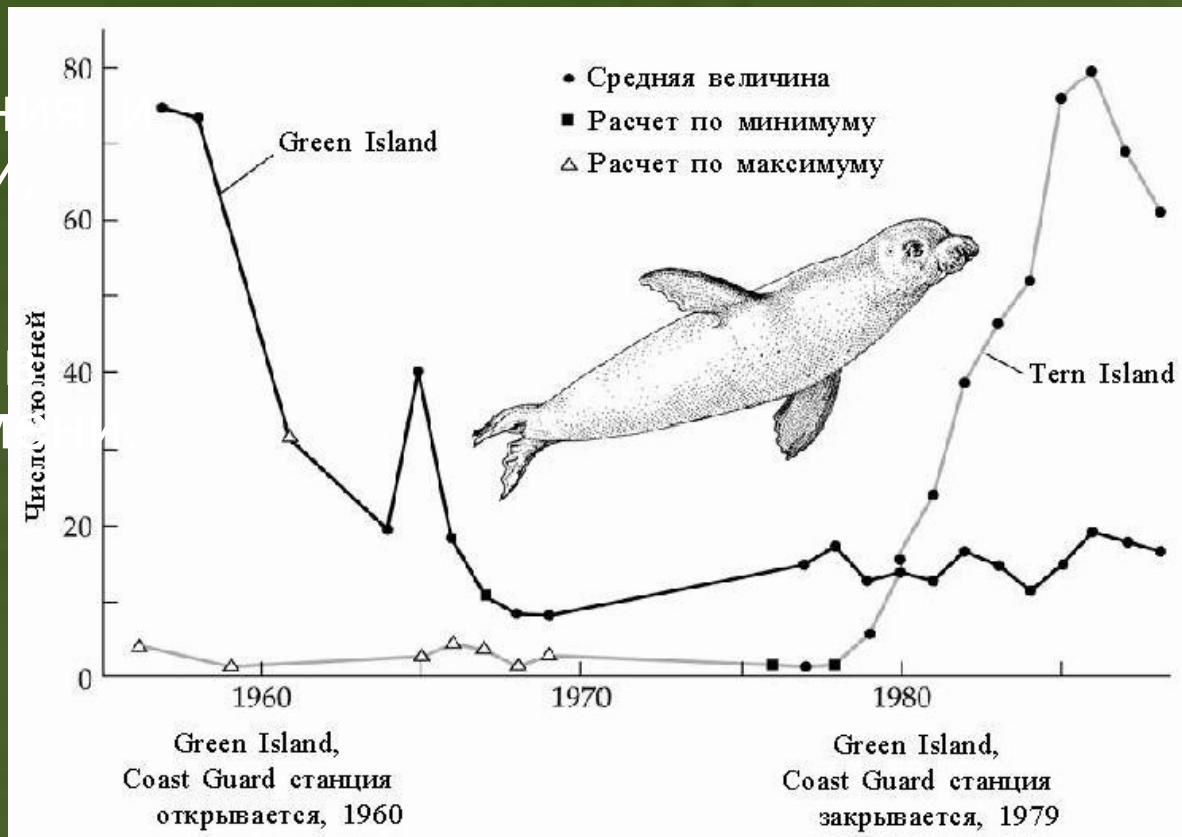
# Математические модели роста численности популяции.

- Основоположником математических популяционных моделей принято считать Г.Мальтуса, работавшего в конце 18-го века. Закон Мальтуса, определяющий экспоненциальный рост популяции, имеет смысл лишь на ограниченных временных интервалах. Модели, предложенные в дальнейшем, стали описывать часто наблюдаемую в природе стабилизацию численности популяции, например, за счет внутривидовой конкуренции (модель Ферхюльста).

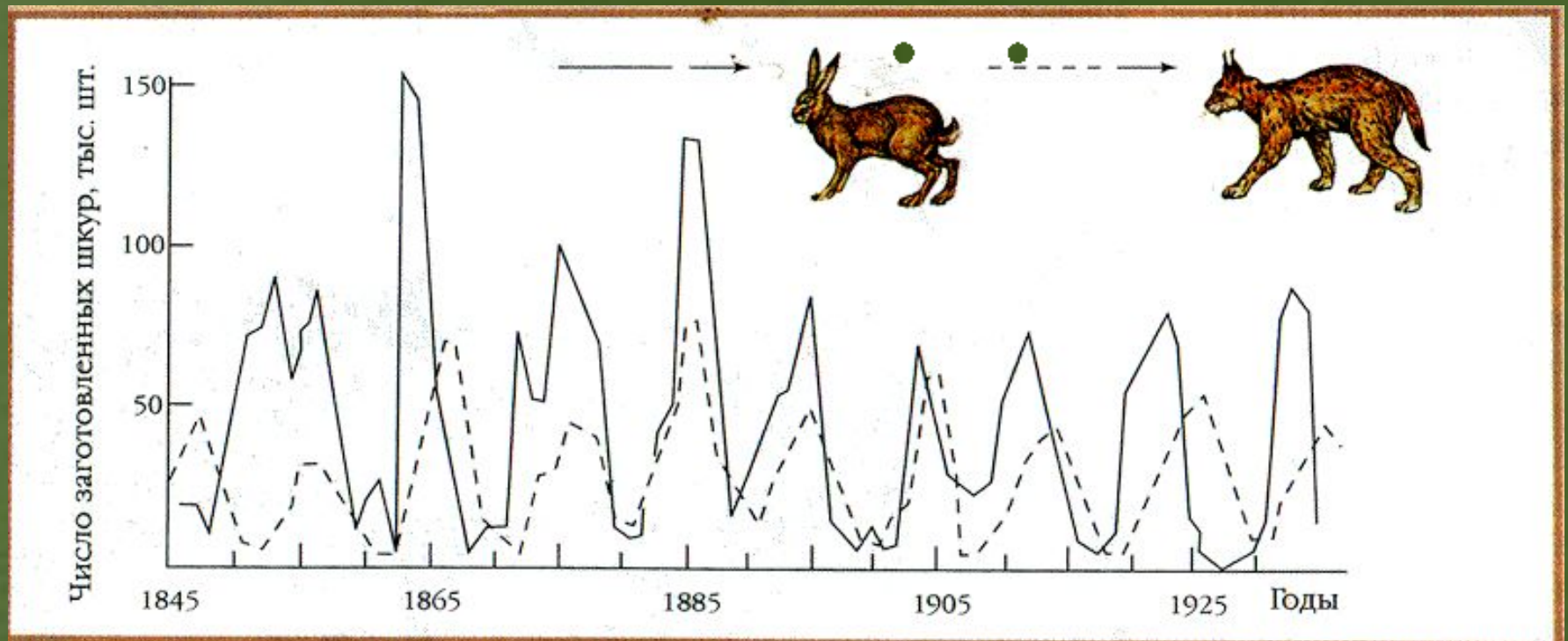


## • Основные допущения:

1. Существуют только процессы размножения и естественной гибели, скорости которых пропорциональны численности особей в данный момент времени.
2. Не учитываем биохимические, физиологические процессы.
3. Нет борьбы между особями за место обитания, за пищу (бесконечно большое пространство и количество пищи).
4. Рассматриваем только одну популяцию, нет хищников.



- Среди допущений, введенных в модели I, снимем допущение 4. Пусть в некотором пространстве живут два вида особей: зайцы (жертвы) и рыси (хищники). Зайцы питаются растительной пищей, имеющейся всегда в достаточном количестве (между ними отсутствует внутривидовая борьба). Рыси могут питаться только зайцами.



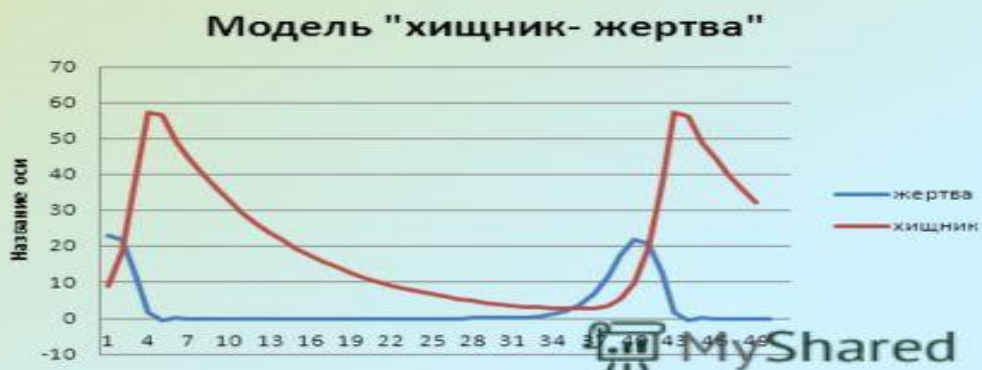
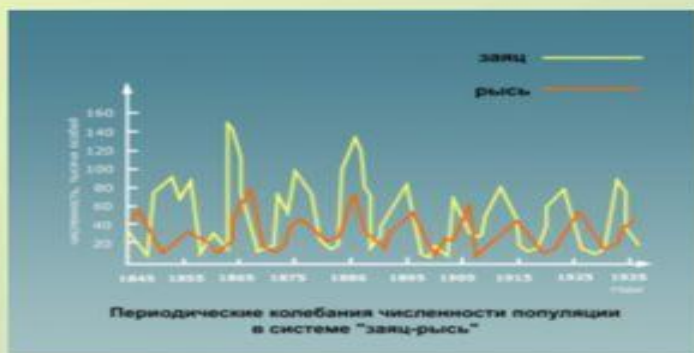
## Модель «хищник – жертва»

$$N_t = (r - b x_n) x_n - c - f x_n y_n,$$

$f$  - возможность гибели жертвы при встрече с хищником,

$x_n$  – количество жертв,

$y_n$  – количество хищников.



Модель «хищник - жертва» используется в настоящее время в медицине. Так при моделировании онкологических заболеваний опухолевые клетки рассматриваются как жертвы, а лимфоциты, которые могут их подавлять, как хищники. В этом случае моделирование позволяет получить новые знания о процессах межклеточного взаимодействия при этих патологиях, находить пути оптимальной стратегии лечения, создавать новые средства борьбы с ними.



# Самоорганизация. Синергетика.

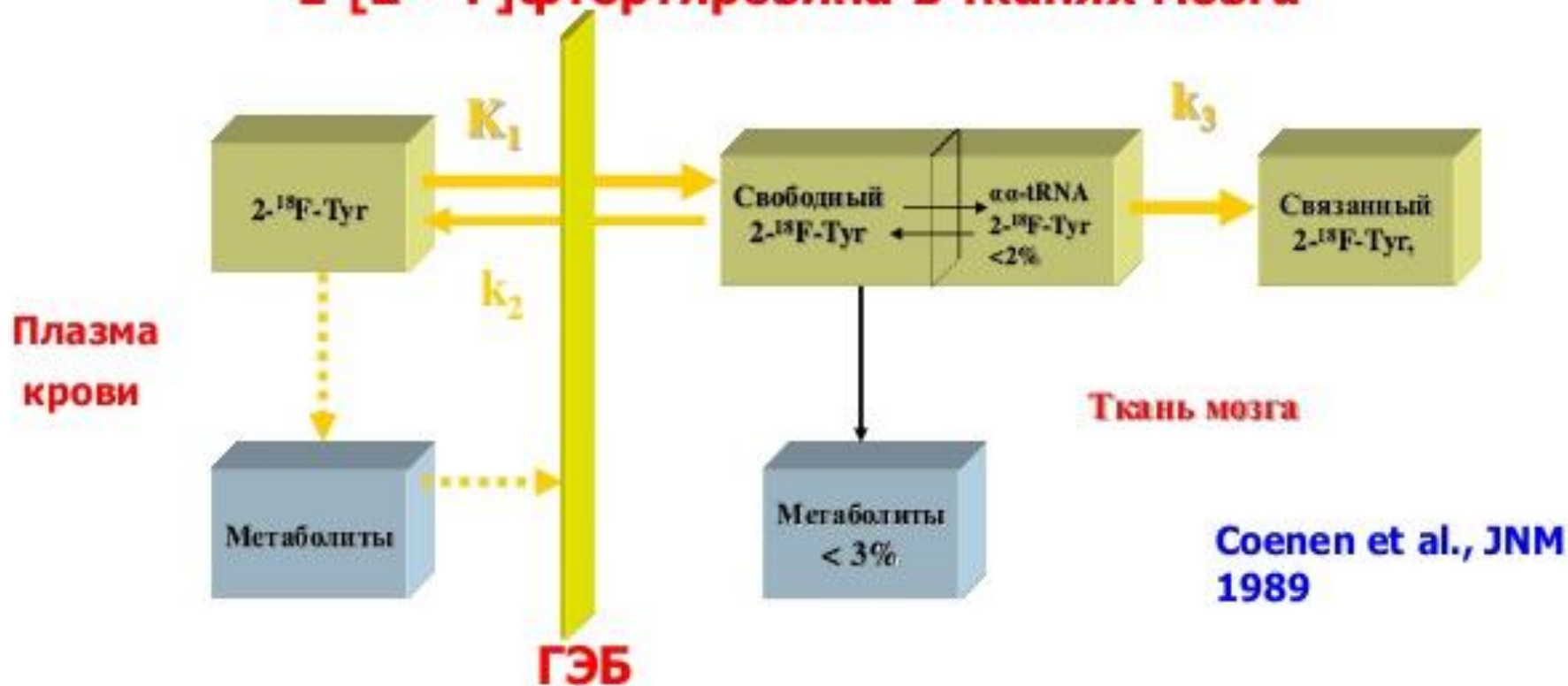
- Направление в науке, связанное с изучением общих закономерностей образования упорядоченных временных и пространственных макроструктур, называется **синергетикой**.
- Термин «синергетика» происходит от греческого *synergetikos* – совместное, согласованное, кооперативное действие. Возникла в начале 70 –х г., 20-го века. Этот термин ввел Г. Хакен для объединения самых различных процессов самоорганизации в макроскопических системах.
- Основой синергетики служит единство явлений и моделей, с которыми приходится сталкиваться при исследовании процессов возникновения **порядка из хаоса**. Примером самоорганизации в физических явлениях являются ячейки Бепара, в химии - реакция Белоусова-Жаботинского, в биофизике - распространение нервного импульса, в кардиологии - возникновение фибрилляции желудочков сердца, в экологии - организация сообществ, в космологии – спиральные галактики.

# Фармакокинетическая модель

- Для описания кинетики изменения концентрации введенного в организм лекарственного препарата предлагается так называемая фармакокинетическая модель.
- **Основные допущения:**
  1. Не будем рассматривать систему органов, через которые последовательно проходит лекарство.
  2. Не будем учитывать молекулярные механизмы процессов (например, проницаемость вещества, химические превращения).
  3. Процессы ввода и вывода сведём к скорости.

Фармакокинетическая модель позволяет в пределах выше указанных допущений найти закон изменения концентрации препарата во времени при различных способах его введения в организм, рассчитать оптимальное соотношение между параметрами ввода и вывода препарата для обеспечения необходимого терапевтического эффекта.

## Фармакокинетическая модель метаболизма L-[2-<sup>18</sup>F]фтортирозина в тканях мозга

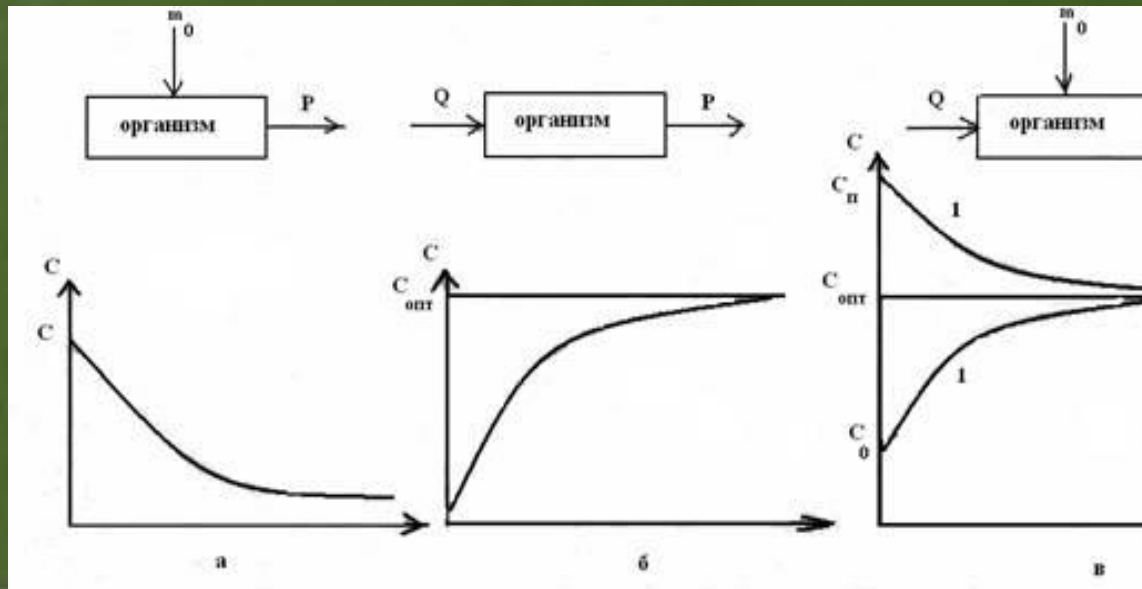


- Свободный фтортирозин легко проникает через ГЭБ
- Количество меченых метаболитов в тканях мозга пренебрежимо мало
- Отсутствует пул природных конкурирующих соединений
- $T_{1/2}^{18F}$  (110 мин) - позволяет отслеживать динамику накопления трэйсера в тканях в течение периода времени, сопоставимого со скоростью синтеза белков
- Процесс можно описать трехкомпартментной фармакокинетической моделью, которая может быть далее линеаризована в рамках подхода Gjedde/Patlak'a

**1-й способ.** Однократное введение лекарственного препарата – инъекция. Это соответствует случаю, когда пациенту «сделали укол». (а)

**2-способ.** Непрерывное введение препарата с постоянной скоростью - инфузия. (это соответствует случаю, когда пациенту поставили капельницу). (б)

**3-й способ.** Сочетание непрерывного введения лекарственного препарата (2-й способ) с введением нагрузочной дозы (1-й способ) (в)



# Заключение

Базовые модели математической биологии в виде простых математических уравнений отражают самые главные качественные свойства живых систем: возможность роста и его ограниченность, способность к переключениям, колебательные свойства, пространственно-временные неоднородности. На этих моделях изучаются принципиальные возможности пространственно-временной динамики поведения систем, их взаимодействия, изменения поведения систем при различных внешних воздействиях - случайных, периодических и т.п. Любая индивидуальная живая система требует глубокого и детального изучения, экспериментального наблюдения и построения своей собственной модели, сложность которой зависит от объекта и целей моделирования.

# Список использованной литературы

- <http://www.library.biophys.msu.ru/>
- <http://spkurdyumov.ru/education/kurs-lekcij-matematicheskie-modeli-v-biologii/2/>
- <http://refdb.ru/look/2904692.html>