

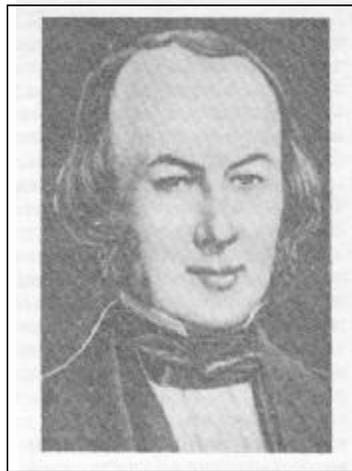
Научные чтения, посвященные 80-летию А.М.Петровского

Моделирование гомеостаза: история и современное состояние

Новосельцев В.Н.

Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН

Постоянство внутренней среды



Клод Бернар
(1813-1878)

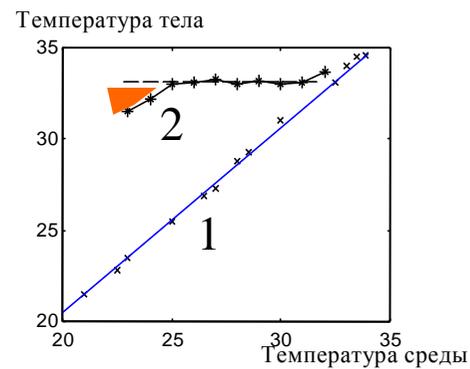


Иван Сеченов
(1829-1905)

x - переменные внутренней среды (компарменты)
 y - потоки веществ, формирующие внутреннюю среду

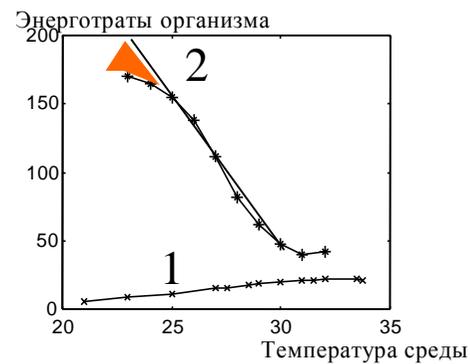
Сложности при моделировании гомеостаза

Тепловое поведение питона (внутренняя среда x)



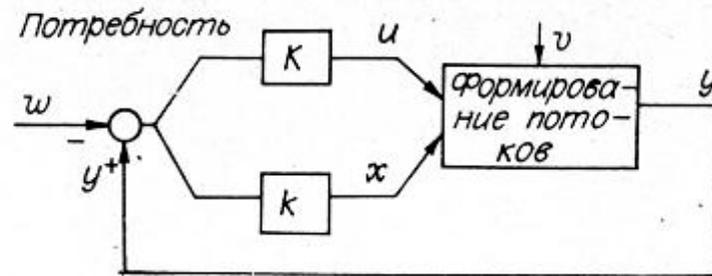
1 - Самка питона в обычное время

2 - Самка питона во время высиживания яиц



(Withers 1992)

Новая модель гомеостаза (1978 г.)



- w - потребность в энергии (в кислороде);
- y - реальный темп потребления (регулируемый сигнал);
- x, u - управляющие сигналы;
- K, k - коэффициенты усиления;
- v - условия среды.

(Новосельцев 1978)

Две модели гомеостаза

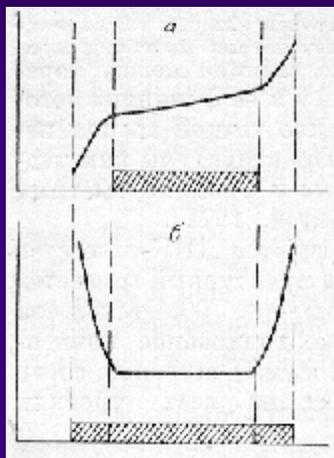
Модель 1

$$\bar{x} \approx x$$

$\bar{x} \approx x$ Модель 2

$$\frac{dx_i}{dt} = - \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j + \sum_{k=1}^N b_{ik} y_k,$$
$$\left| \frac{\partial x_i^s}{\partial v_j} \right|_{v_j \in \Omega_{hj}} \ll \sigma_{ij},$$

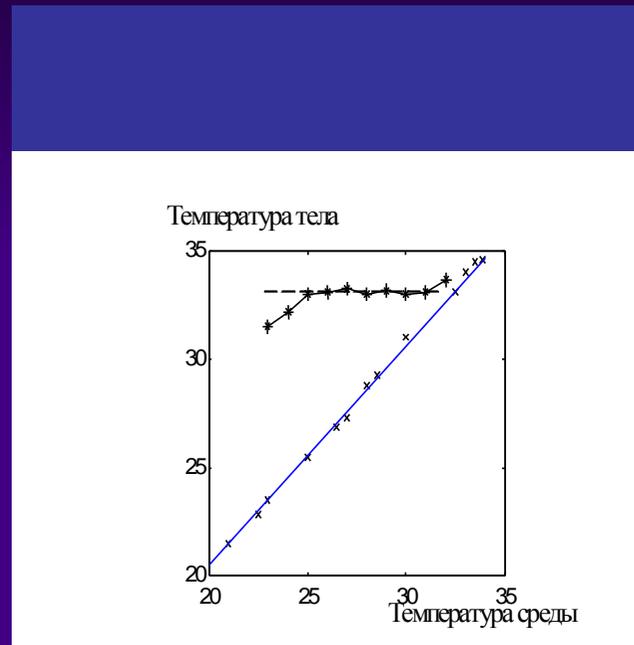
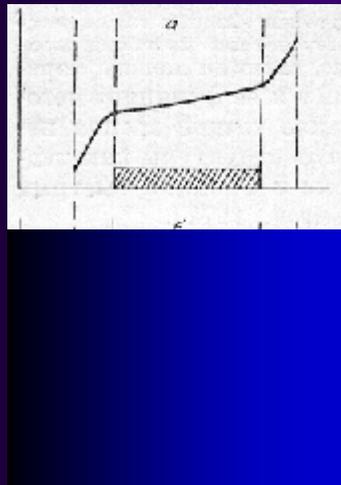
Новая модель гомеостаза



a - область гомеостаза,
b - область жизнедеятельности

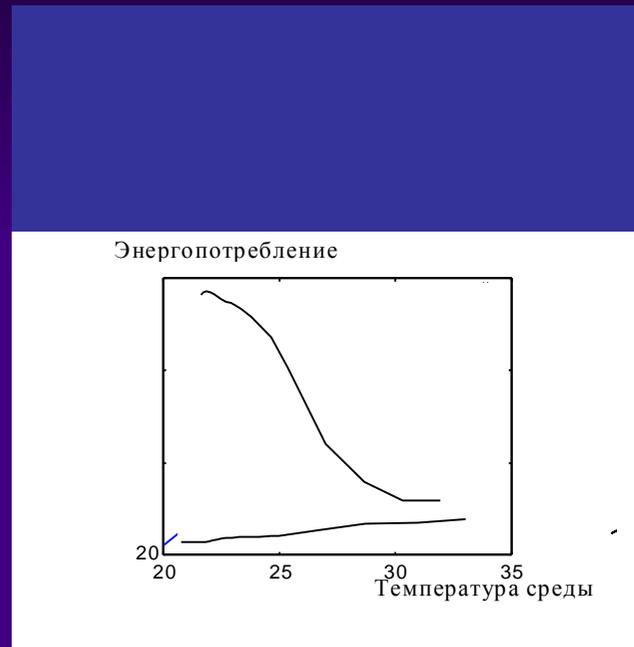
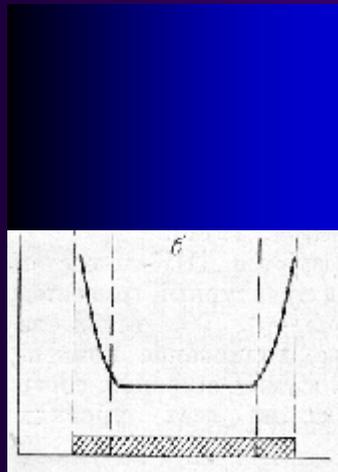
$\bar{x} \approx x$

Новая модель гомеостаза



a - область гомеостаза,
b - область жизнедеятельности

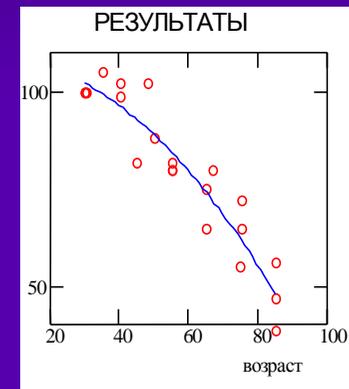
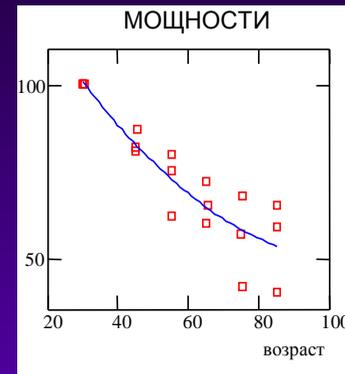
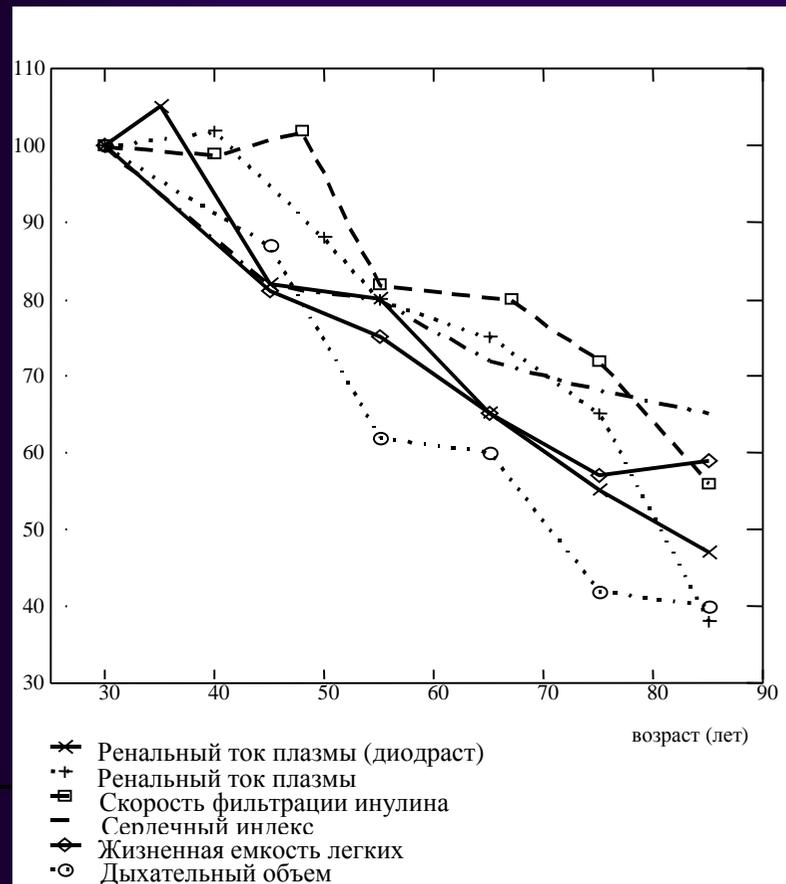
Новая модель гомеостаза



a - область гомеостаза,
b - область жизнедеятельности

$\bar{x} \approx x$

Снижение гомеостатических способностей



Теория оксидативных повреждений

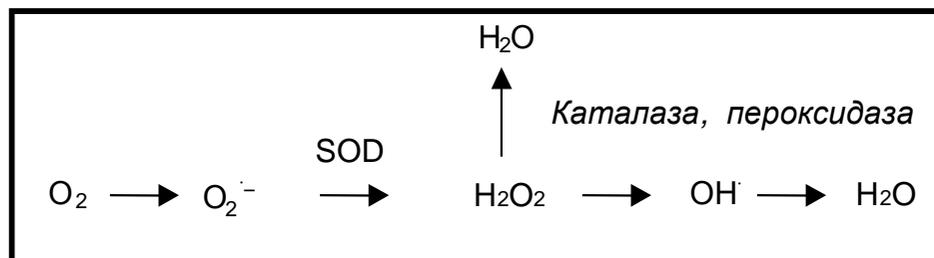
x – переменные внутренней среды

y – потоки, их формирующие

w – темп потребления кислорода

Теория оксидативных повреждений

Теория оксидативных повреждений



(Harman, 1987; Sohal, Weindruch, 1996, Orr, 1996)

Теория оксидативных повреждений

Темп потребления кислорода - W_t

Темп производства оксидантов - $a \cdot W_t$

Темп появления оксидативного ущерба - $b \cdot W_t$

Темп снижения гомеостатической способности

$$dS_t / dt = - b \cdot W_t \cdot S_t$$

Темп старения $R_t = b \cdot W_t$

Старение - теория оксидативных повреждений

Старение

$$S_t = S_0 \cdot \exp\left[-\int_0^t b_t \cdot W_t dt\right]$$

Два масштаба времени

Если организм потребляет кислород с темпом W_t , то в возрасте t баланс кислорода X :

$$\frac{dX}{dt} = K \cdot [S_t \cdot (P - X) - W_t].$$

Здесь $S_t \cdot (P - X)$ - темп доставки кислорода (мл O_2 /сутки), S_t - гомеостатическая способность. Стационарный уровень кислорода: $\frac{dX}{dt} = 0$.

Скорость установления стационарности определяется величиной $K \gg 1$.

Это - быстрый масштаб событий (быстрое время).

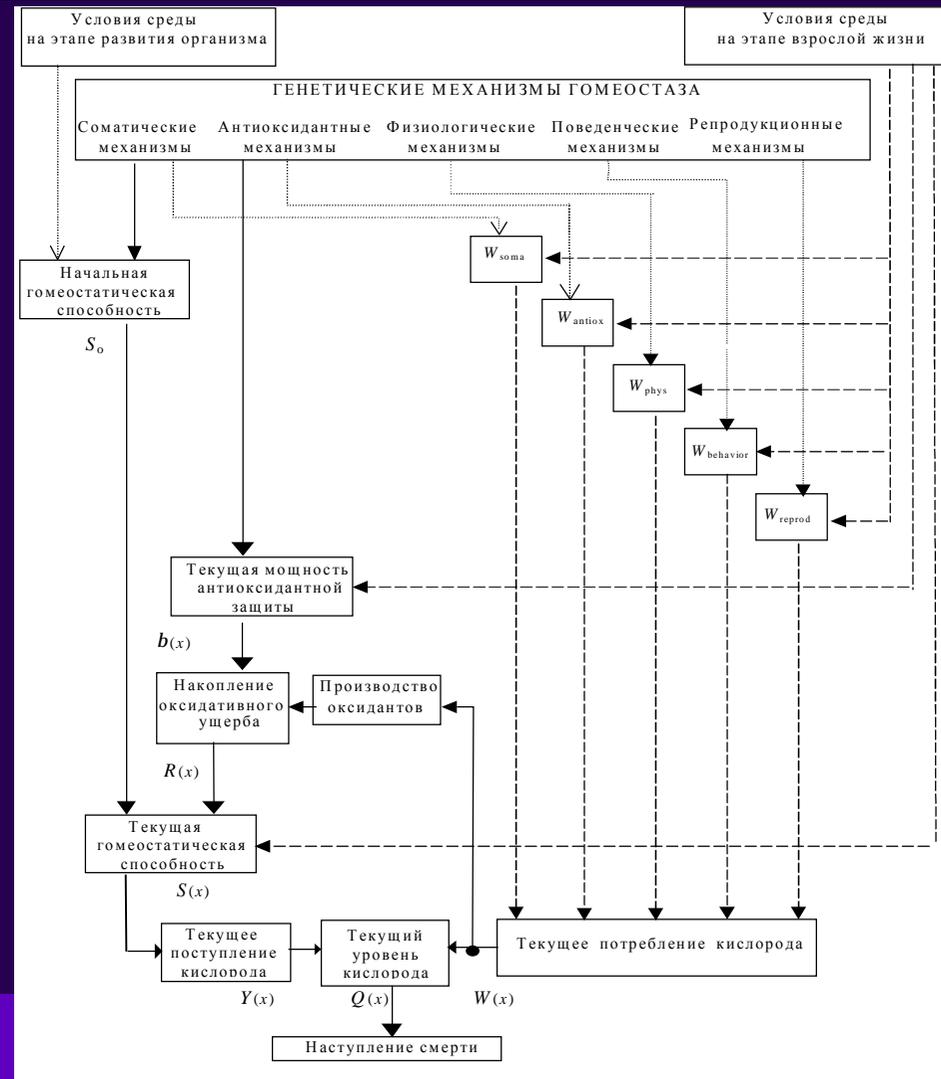
Кислородный ресурс в возрасте t равен

$$X_t = P - W_t / S_t.$$

S_t с возрастом снижается, стационарный режим становится квазистационарным, ресурс X_t падает. При $X_t=0$ наступает смерть от старости.

Это - медленный масштаб событий (медленное время).

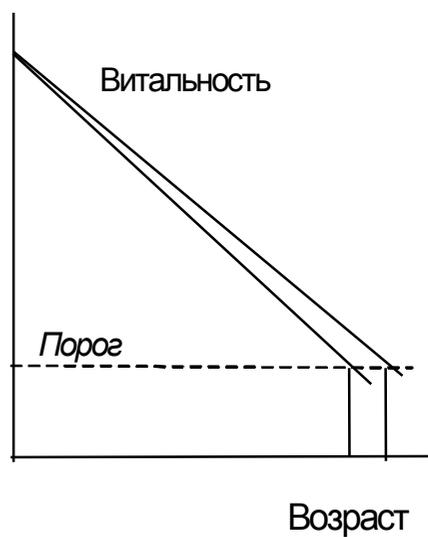
История жизни как гомеостеноз



Общие теории старения

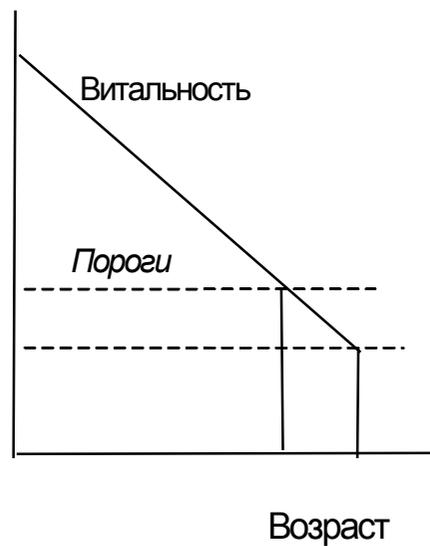
А

Теория темпа жизни



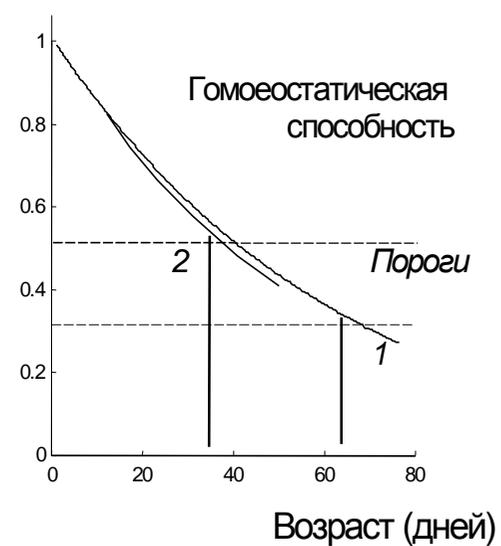
В

Пороговая теория



С

Гомеостатическая модель





END