Возможные биологические основы «Глобального кризиса»

В.Л. Воейков
Биологический факультет МГУ

Going Hungry

Consequences of the food crisis

Unrest/protests

Export ban/restrictions

Russia
Belarus
Uzbekistan
Croatia
Serbia
Pakistan
Egypt
China
Burkina Faso
Mauritania
Niger
Yemen
Bangladesh
Haiti
Senegal
Sudan
India
Cambodia
Ethiopia
Ivory Coast
Cameroon
Sri Lanka
Tanzania
Indonesia
Peru
Bolivia
Mozambique
Argentinia

*one bushel of wheat weighs around 27 kg

Source: Thomson Financial Datastream, FAO

Science 4 November 1960:
Vol. 132. no. 3436, pp. 1291 - 1295

Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026

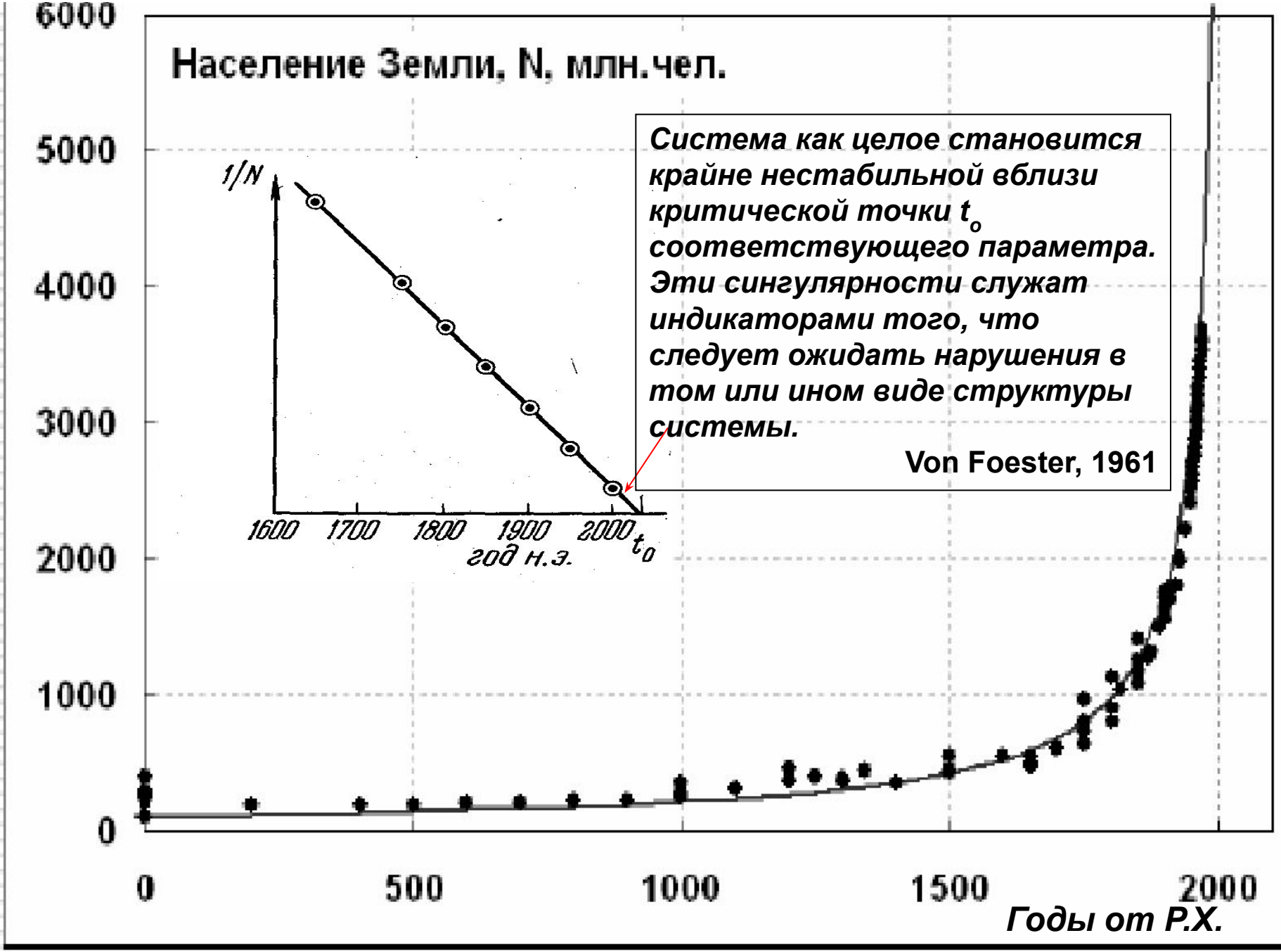
At this date human population will approach infinity if it grows as it has grown in the last two millenia.

Heinz von Foerster, Patricia M. Mora, Lawrence W. Amiot

Судный день: пятница, 13 ноября, 2026.

К этой дате численность человечества станет бесконечной, если темпы его роста будут такими же, как за последние 2 тысячелетия

N = C / (2025-T) миллиардов, где T – текущее время, C – константа (186 чел.*лет)



«Наши правнуки погибнут не от голода, а от давки»
(шутка von Foester)

Как может идти прирост биомассы

Линейный рост: $M=kt$

Экспоненциальный закон: $M=ke^t$

Степенной закон: $M=kt^n$

Гиперболический закон: $M=k/(t_{max} - t)$

"... (almost) zero-sum multiperson game may be false for elements that possess a system of communication which enables them to form coalitions until all elements are so strongly linked that the population as a whole can be considered from a game-theoretical point of view as a single person playing a two-person game with nature as its opponent. In this situation it is not ab-

H. von Foester

Coherence?

Модель конкурентной борьбы многих игроков с (почти) нулевой суммой недействительна для системы с взаимосвязями, которые позволяют («игрокам») образовывать коалиции, в которых элементы становятся столь сильно взаимосвязаны, что популяция в целом может рассматриваться, как индивидуум, играющий с единственным противником – природой.

Когерентность?

Нынешний гиперболический закон увеличения народонаселения всего земного шара (который действует по крайней мере несколько сот лет) обусловлен не столько биологическими, сколько социальными факторами.

И.С. Шкловский, 1980

.

В силу особенностей развития человека и человечества, его особого пути, не следует переносить примеры из остального животного мира и биоценозов на случай человека, развитие которого <u>подчинено совершенно другим физическим, биологическим</u> и социальным закономерностям.

С.П. Капица, 1999

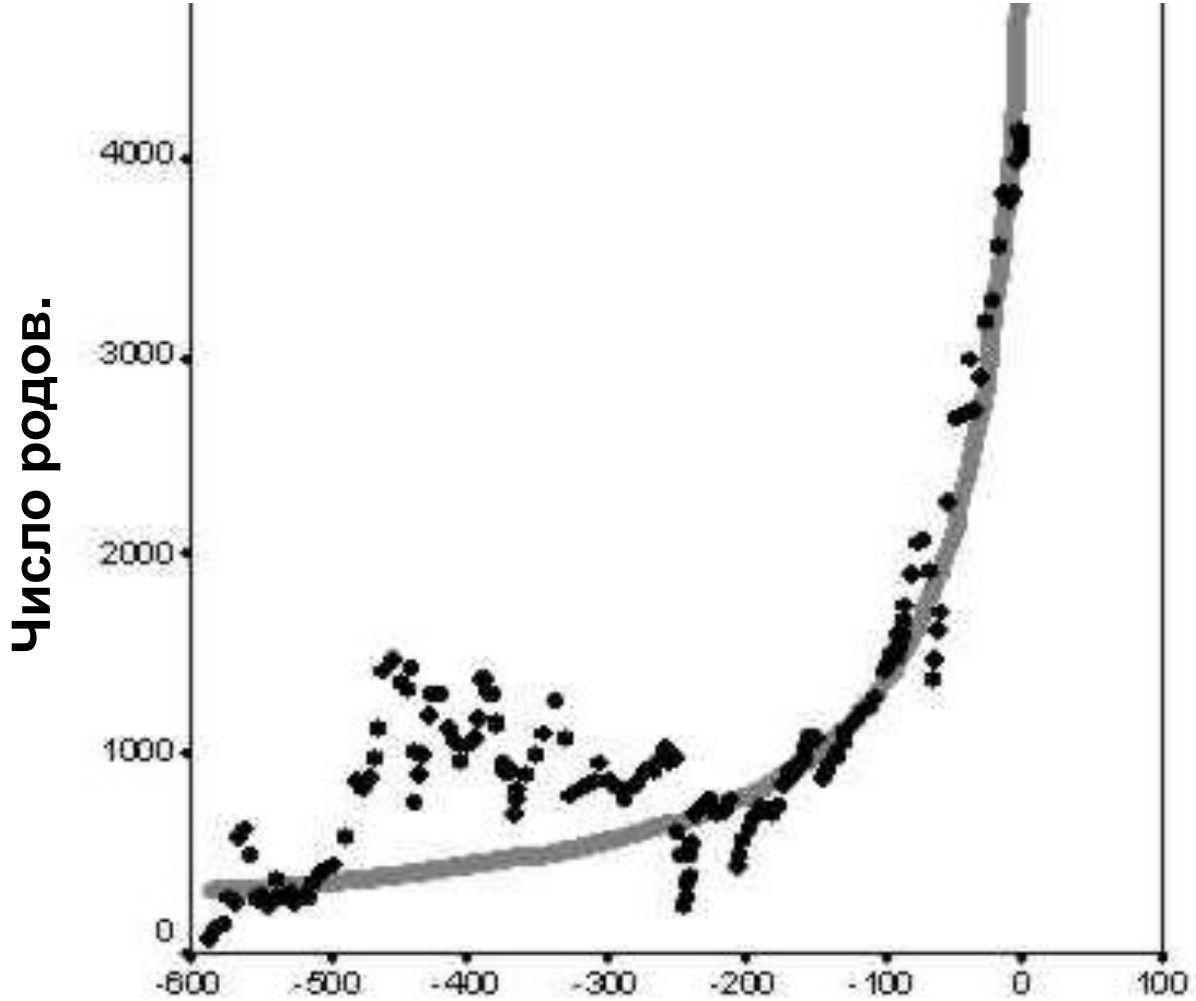
…мы подходим к принципиальному различию между животными и человеком … Животные могут использовать лишь те схемы коллективного поведения, которые заложены в них генетически, на уровне инстинктов, тогда как люди способны вырабатывать новые способы совместных действий по мере роста своей численности.

А.В. Подлазов, 2000

Но есть ли в биологии примеры роста по гиперболическому закону?

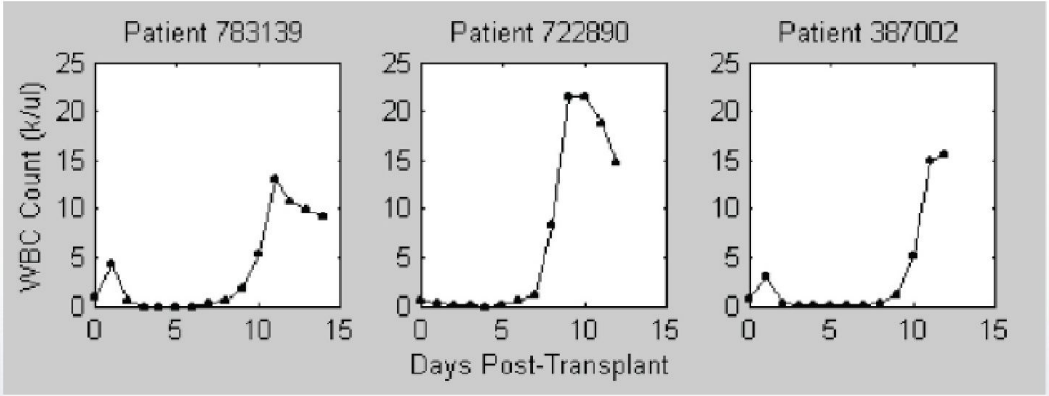
А. В. Марков, А. В. Коротаев, Динамика разнообразия фанерозойских морских животных соответствует модели гиперболического роста Журнал Общей Биологии. 2007. №1. С. 1-12.

$$N_t = 186953/(38 — t)$$



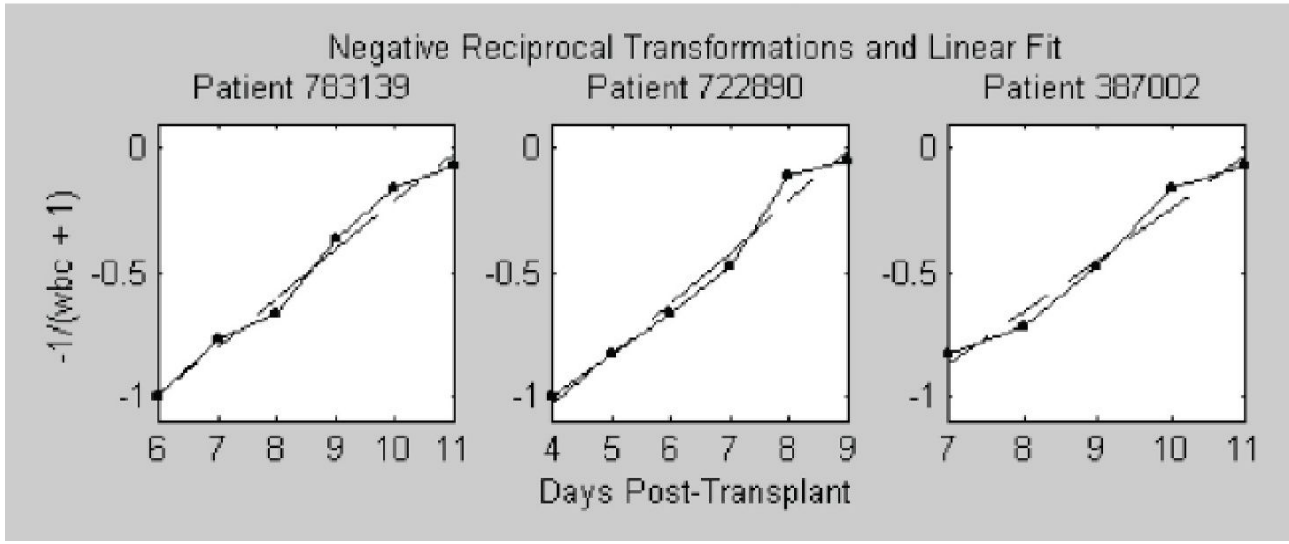
Время в млн. лет до настоящего времени.

Рост популяции лейкоцитов в крови онкологических больных после пересадки им аутологичного трансплантанта гематопоэтических стволовых клеток идет по гиперболическому закону



Results of Daily White Blood Cell counts for 3 patients post transplant

- Reciprocal plot shows hyperbolic growth $r^2 = .94$



S.J. Merrill & B.M. Murphy (2002) *Detection of autocatalytic dynamics in data modeled by a compartmental model*, Math. Biosci. 180:255-262.

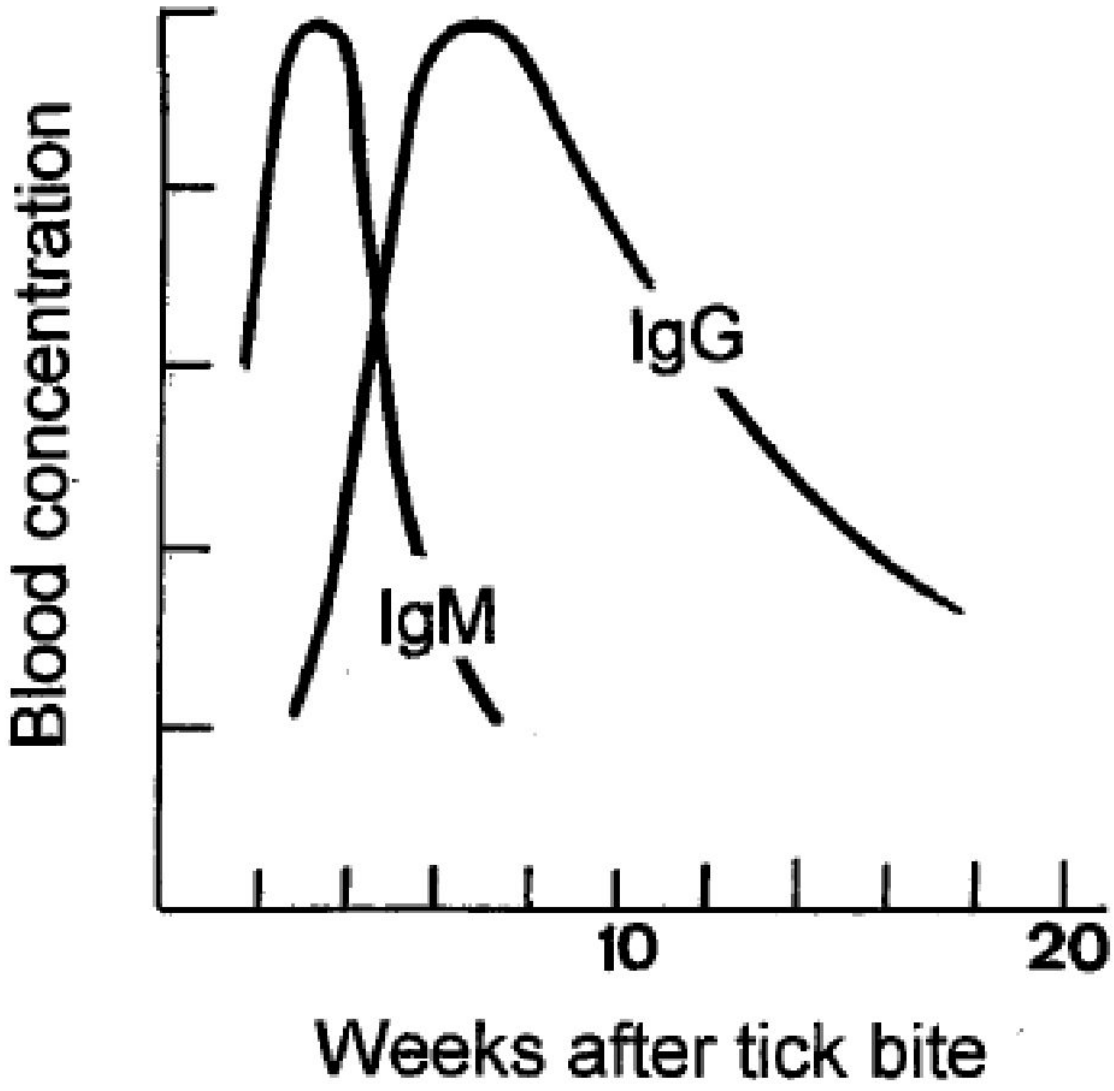
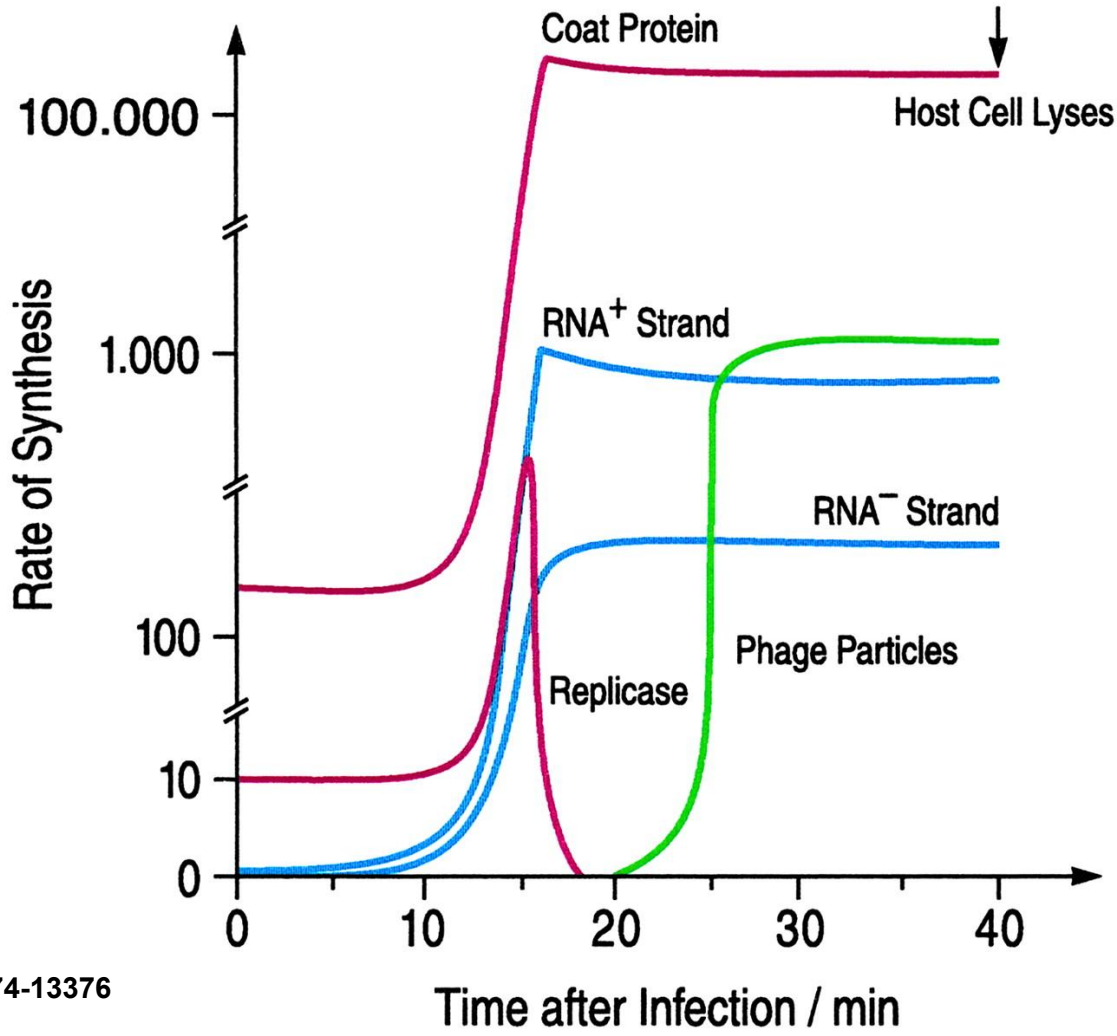


Fig. 5 Dynamics of systemic and intrathecal IgG and IgM synthesis in a patient with neuroborreliosis (21). CSF samples were obtained at 3 (■), 4, 6, 10, 16 and 83 weeks after tick bite

Гиперболические законы скоростей роста компонентов и фаговых частиц Qβ при заражении фагом E. coli

Ордината – скорость синтеза белков фага (красная линия), голубые линии – РНК фага, зеленая линия – полноценные фаговые частицы.

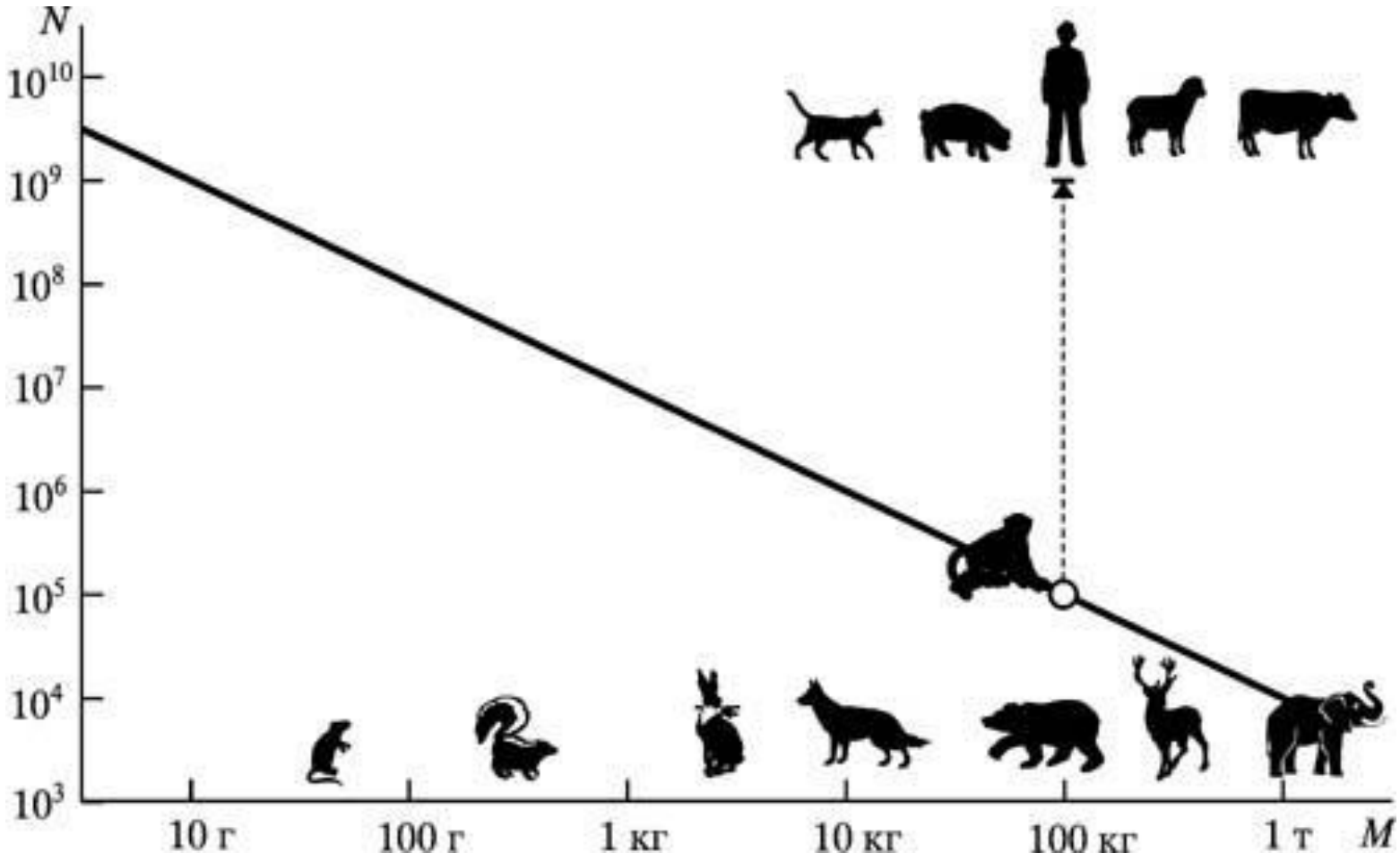


Eigen M. PNAS 2002;99:13374-13376

©2002 by National Academy of Sciences

PNAS

Чем человек отличается от животных?



Численность вида животных в зависимости от массы индивидуумов

Если человек не выделился бы из всего природного животного мира, то его численность была бы порядка 100 тыс.

Физиологическое отличие людей от всех других животных

Константа Рубнера $Ru=Z_{max}*q(O_2)$

Z_{max} – Продолжительность жизни (годы),
$q(O_2)$ – интенсивность потребления кислорода (мВт/г средней массы)

Отряд		Константа Рубнера
Marsupialia (сумчатые)		583
Primates (Приматы)		2203
Pinnipedia (Ластоногие)		1804
Proboscidea (Хоботные)		1137
Homo sapiens		3742

Изменение числа нервных клеток в ходе эволюции

Физиологическое отличие человека от животных:
Константа Рубнера (в 5-10 раз больше),

Биоэнергетика мозга: Отношение скорости потребления кислорода мозгом человека к скорости потребления кислорода телом в 2,3 раза больше, чем у приматов

Организм человека генерирует больше свободной энергии, чем ему необходимо для выживания как представителю биологического вида *Homo*

Этот избыток энергии может использоваться для реализации активности, направленной на изобретение «жизне-сберегающих технологий».

Основная жизне-сберегающая технология овладение огнем – появление возможности преобразовывать потенциальную энергию природных ресурсов в свободную энергию.

Появление человека в ходе эволюции – фазовый переход от биологической эволюции – биоэнергетического прогресса, развивавшегося по гиперболическому закону,

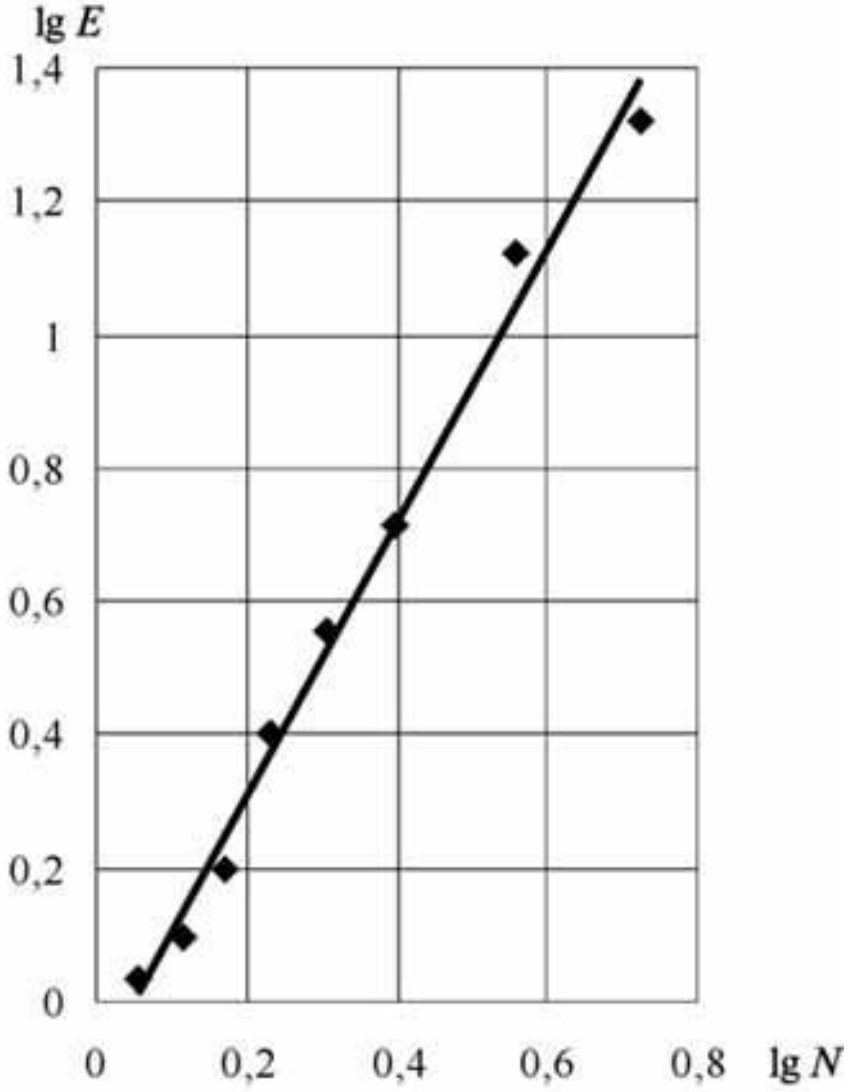
к АНТРОПО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ПРОГРЕССУ, который можно оценить по увеличению количества и качества энергии, преобразуемой людьми в СВОБОДНУЮ энергию

«Culture evolves as the amount of energy harnessed per captia per year is increased, or as the efficiency of the instrumental means of putting the energy to work is increased"

Leslie White (1900-1975)

«Культура развивается, когда растет количество энергии, используемой на душу населения в год, или же когда растет эффективность инструментальных способов превращения энергии в работу"

Leslie White (1900-1975)



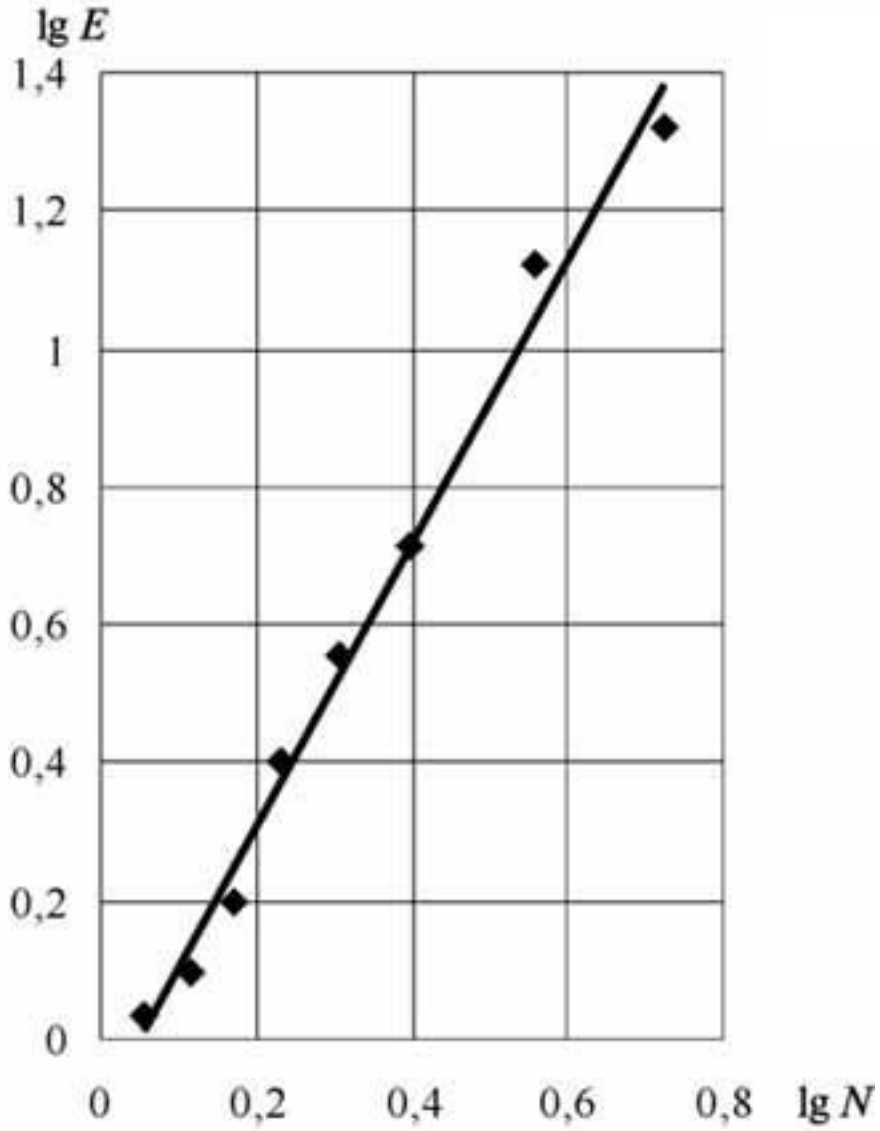
Рост населения мира и потребление энергии, 1850-1990 гг.

(John P. *Holdren*, "*Population and the Energy Problem*," Population and Environment, Vol.12, No.3, 1991,. pp.231-255.)

$$E \sim N^2$$

С 1850 г. относительный рост потребления энергии был в два раза выше, чем относительный рост населения мира

С 1850 до 1990 г., мировое производство энергии выросло в 17 раз, а население -- в 4,3 раза.



Зависимость роста свободной энергии, располагаемой человечеством, от числа людей

Рост энергетического потенциала человека

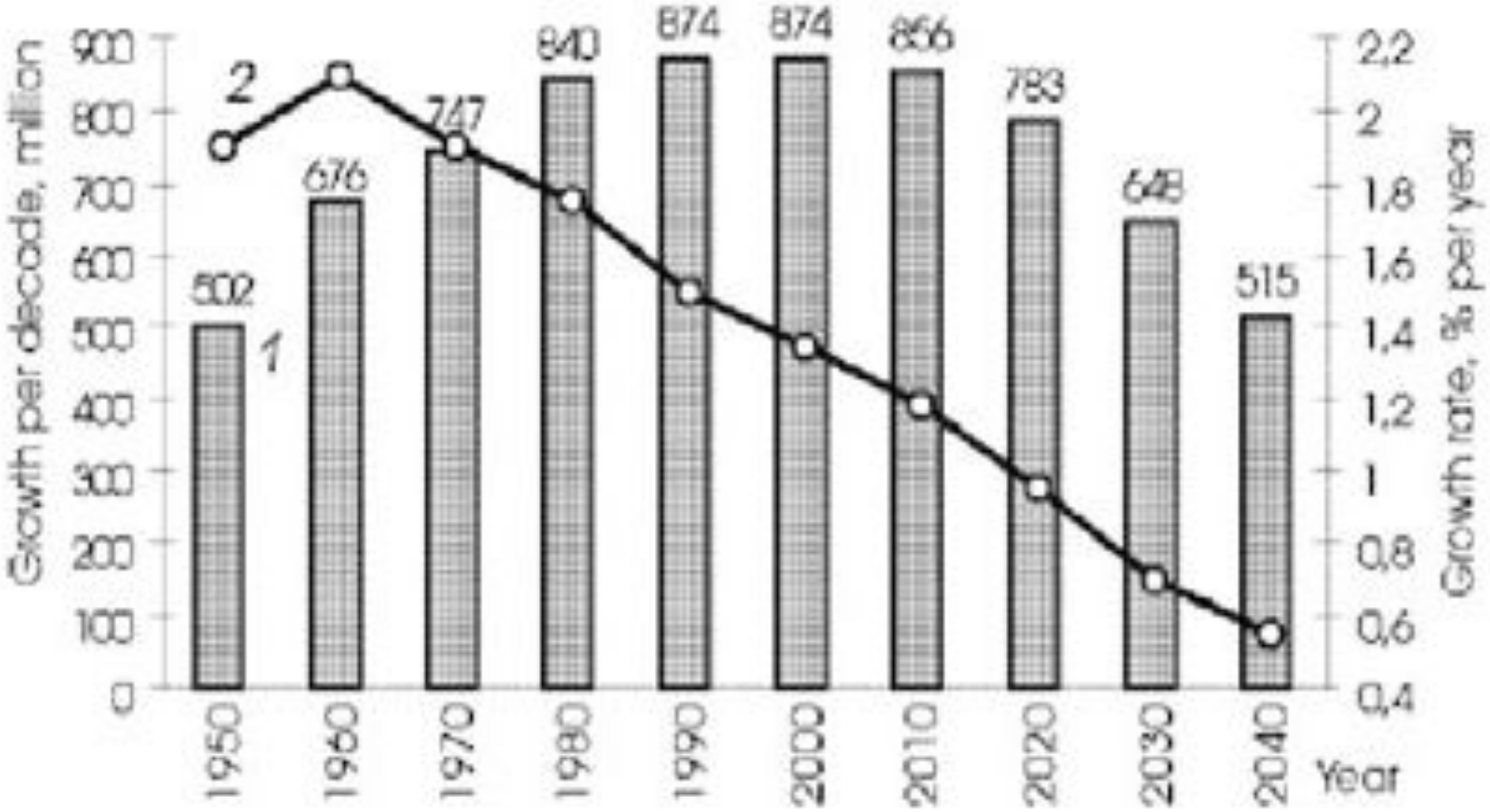
E~N x e
N – число людей
e -- энергообеспеченность на душу населения

Мировой демографический переход (1960-2000 г.)

1 – абсолютный прирост населения, осредненный за декаду, млн.

2 – относительный прирост % в год.

По С.П.Капице



Что же нас ждет: ГАРМОНИЯ или ХАОС?

***Артур*Артур *Брагинский*. Гармония и Хаос**

Линейный рост: $M=kt$

Экспоненциальный закон: $M=ket$

Степенной (Аллометрический) закон: $M=kt^n$

Гиперболический закон: $M=k/(t_{max} - t)$

Для характеристики эволюционного прогресса Э.Бауэр ввел энергетический показатель – константу Рубнера

$$k=t*q(O_2)$$

t – продолжительность жизни (дни),

$q(O_2)$ – интенсивность потребления кислорода (кал/кг массы/день)

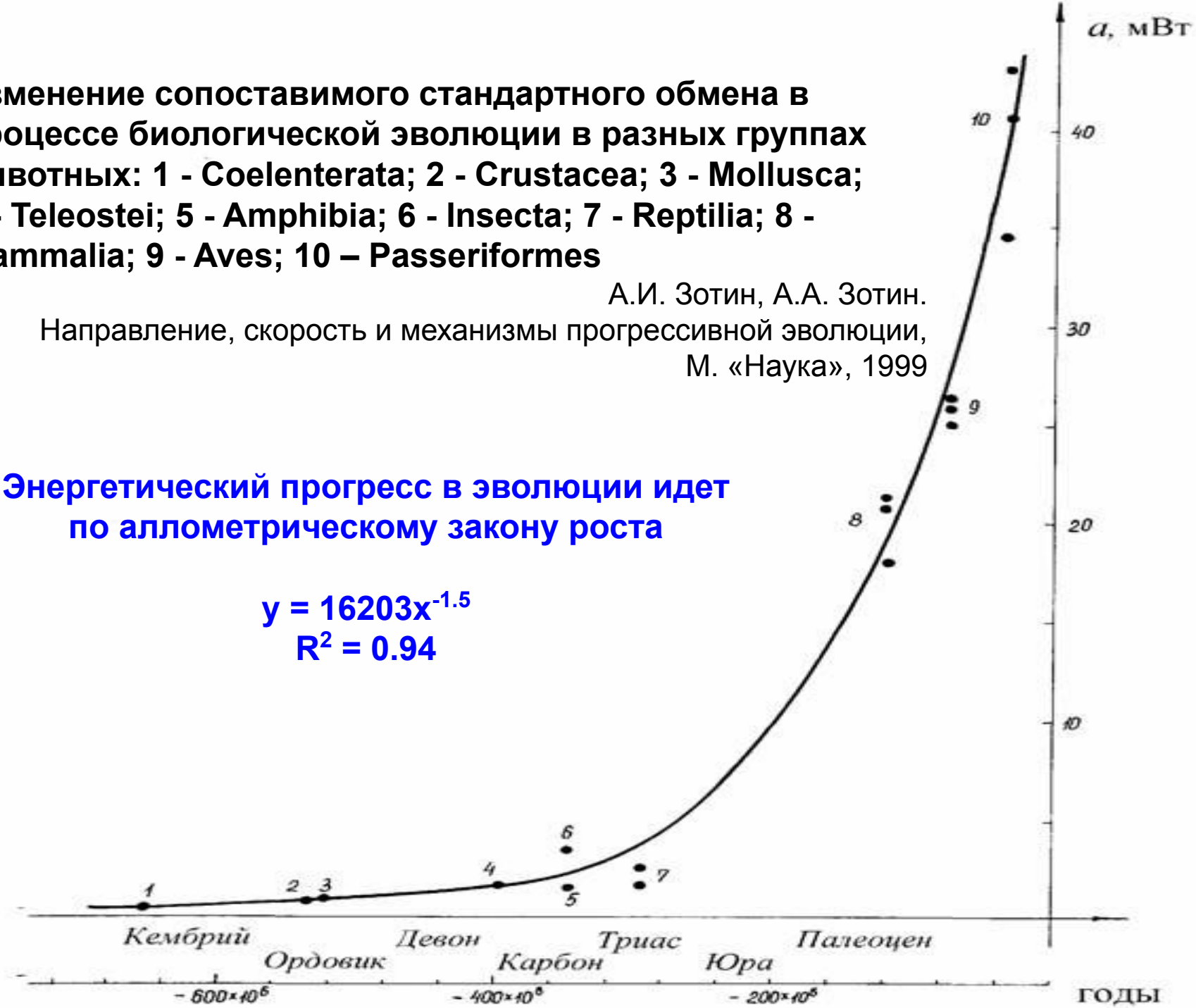
Тип	Константа Рубнера		
Colenterata (кишечнополостные)	40-80		
Echinodermata (иглокожие)	400		
Mollusca (Моллюски)	10000		
Позвоночные	$(1,8\text{-}4,3)*10^5$		
Homo sapiens	$\sim 10^6$		

Изменение сопоставимого стандартного обмена в процессе биологической эволюции в разных группах животных: 1 - Coelenterata; 2 - Crustacea; 3 - Mollusca; 4 - Teleostei; 5 - Amphibia; 6 - Insecta; 7 - Reptilia; 8 - Mammalia; 9 - Aves; 10 – Passeriformes

А.И. Зотин, А.А. Зотин.
Направление, скорость и механизмы прогрессивной эволюции,
М. «Наука», 1999

Энергетический прогресс в эволюции идет по аллометрическому закону роста

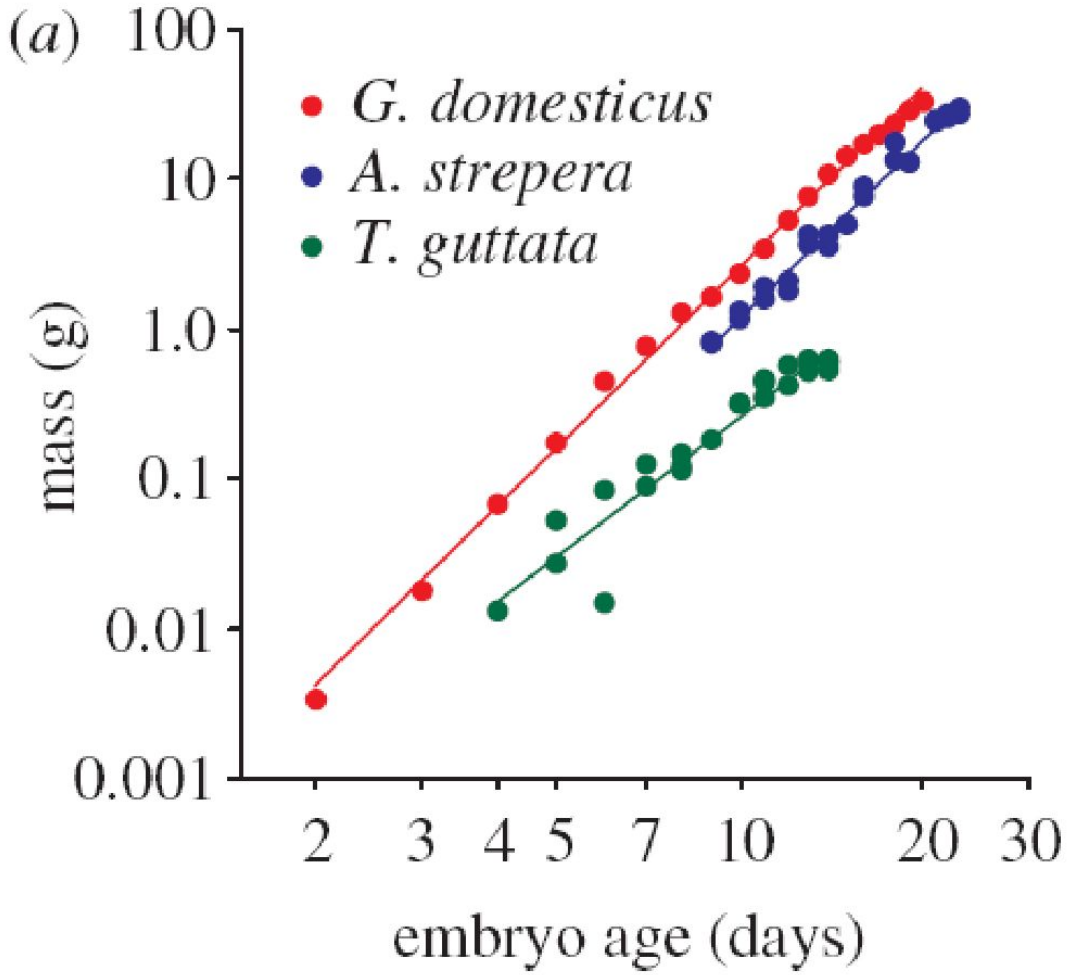
$$y = 16203x^{-1.5}$$
$$R^2 = 0.94$$



Рост массы эмбриона соответствует степенной функции

$W=at^b$

(И.И. Шмальгаузен,1927)



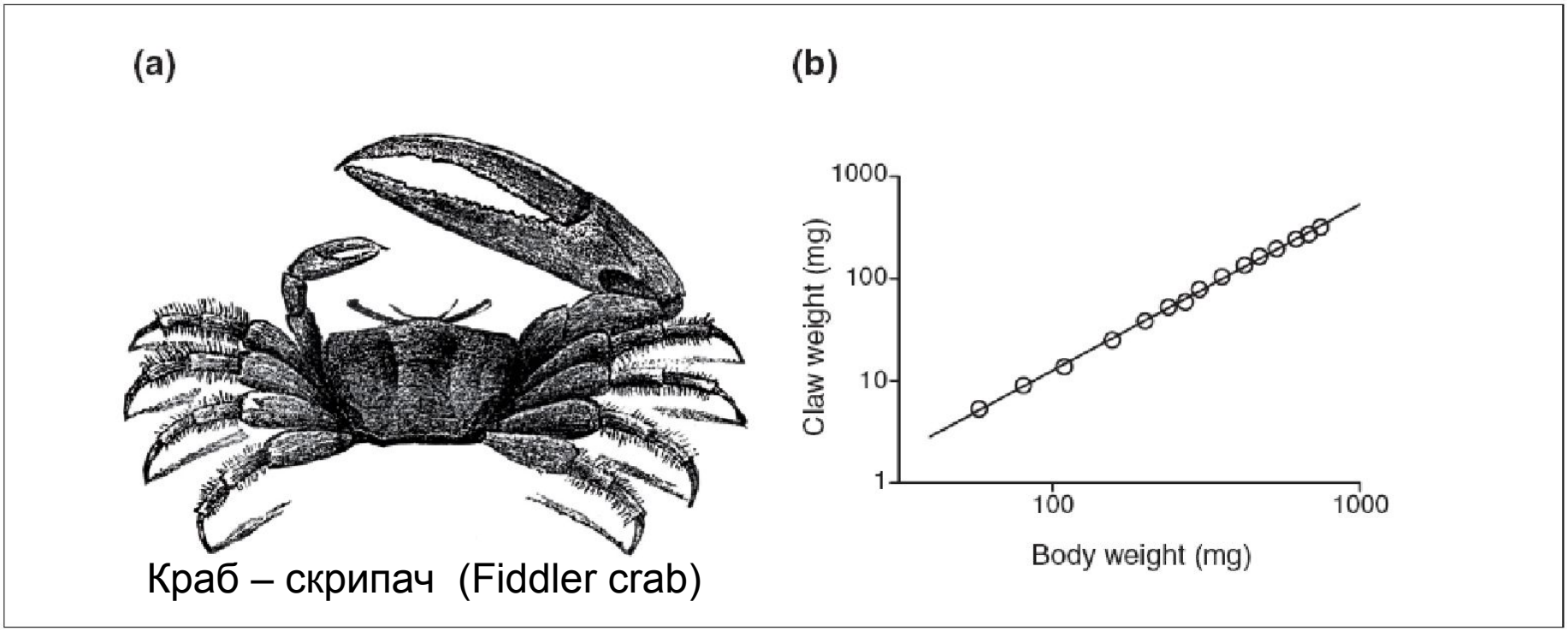
Taeniopygia guttata (зяблик), b=1.98, Gallus domesticus (домашняя курица) b=3.25, Anas strepera (gadwall), b=4.47.

Robert E. Ricklefs. Embryo development and ageing in birds and mammals.

Proc. R. Soc. B (2006) 273, 2077–2082

При росте эмбриона (живой системы) по степенному закону $W=at^b$

все его части растут пропорционально логарифмам размеров друг друга и логарифму массы всей системы (гармонично) – аллометрический закон роста (J. Huxley, 1927, И. Шмальгаузен, 1927)



Краб – скрипач (Fiddler crab)

Росту эмбрионов животных и человека по степенному закону $W=at^b$ предшествует «лаг-фаза» (у человека – самая длительная).
Во время лаг-фазы идет дробление яйцеклетки без заметного увеличения массы, а затем – стремительный набор массы с выходом на степенной закон роста.

микрограмм

микрограммы!

Гиперболический закон?

Был ли гиперболический рост человечества лишь первой фазой человеческой истории?

Можно ли ожидать перехода на новую стадию роста, подчиняющуюся степенному закону???

Что же нас ждет:

ГАРМОНИЯ – смена гиперболического закона роста на степенной закон роста и развития?

или

ХАОС – деградация человечества?

?

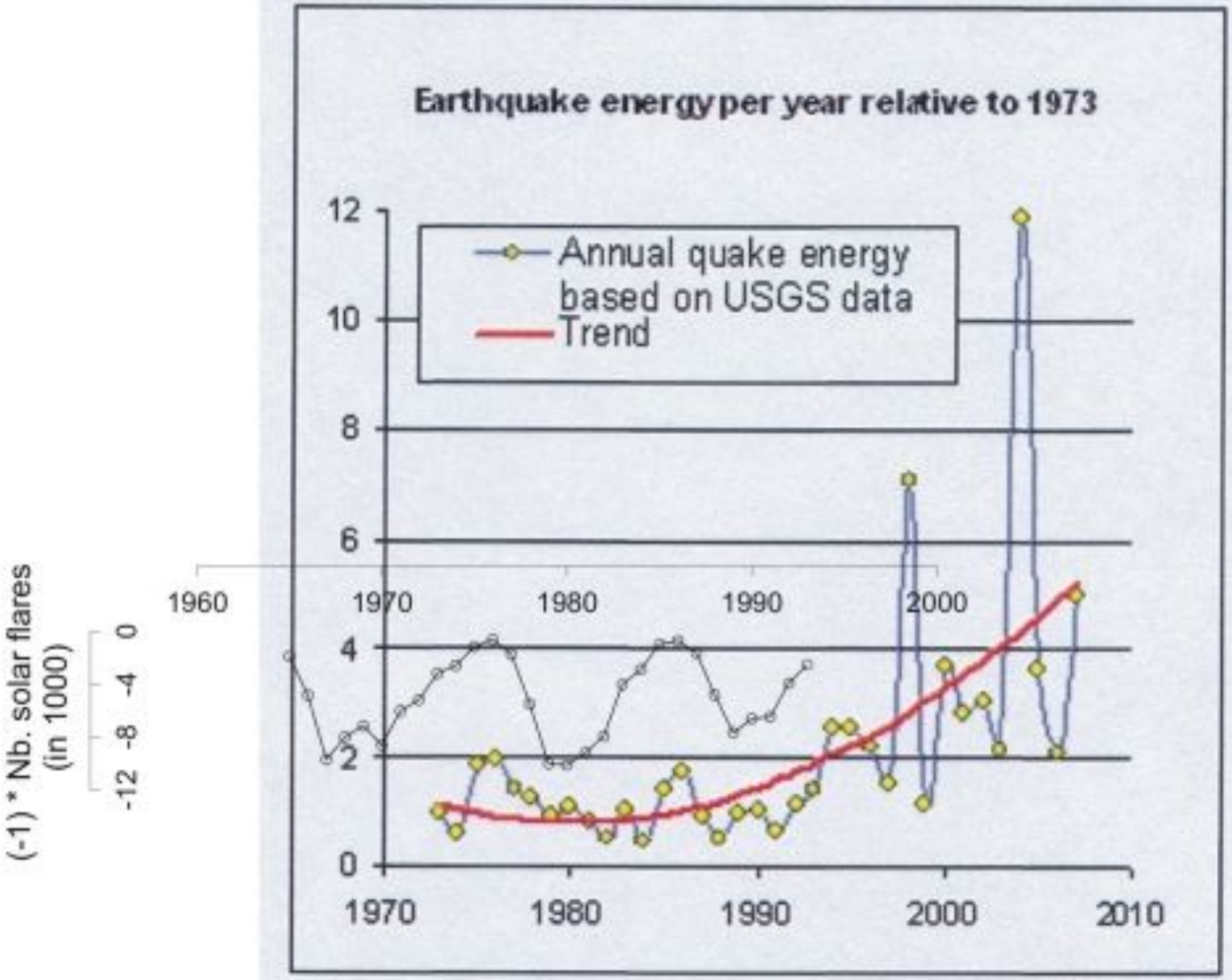


Fig 1. History of the annual earthquake energy ratio η_K in the period 1973 - 2007, computed from the USGS earthquake database in cooperation with A.Soderlund