

Лекция 8.

Тема 5. Трофические взаимодействия и потоки энергии.

Часть 2. Потоки энергии в экосистеме

ЭКОЛОГИЯ

Заведующий кафедрой общей экологии

Дмитрий Геннадьевич Замолодчиков

dzamolod@mail.ru

Потоки энергии на уровне консументов

P_c – вторичная продукция консументов

C – потребление

E – экскреция

R_c – дыхание консументов

V_c – прижизненные выделения

$$P_c = C - E - R_c - V_c$$

$$A_c = C - E$$

$$P_c = A_c - R_c - V_c$$

Экологические эффективности на уровне консументов

A_c/C – эффективность ассимиляции (30-95%)

фитофаги < хищники < паразиты

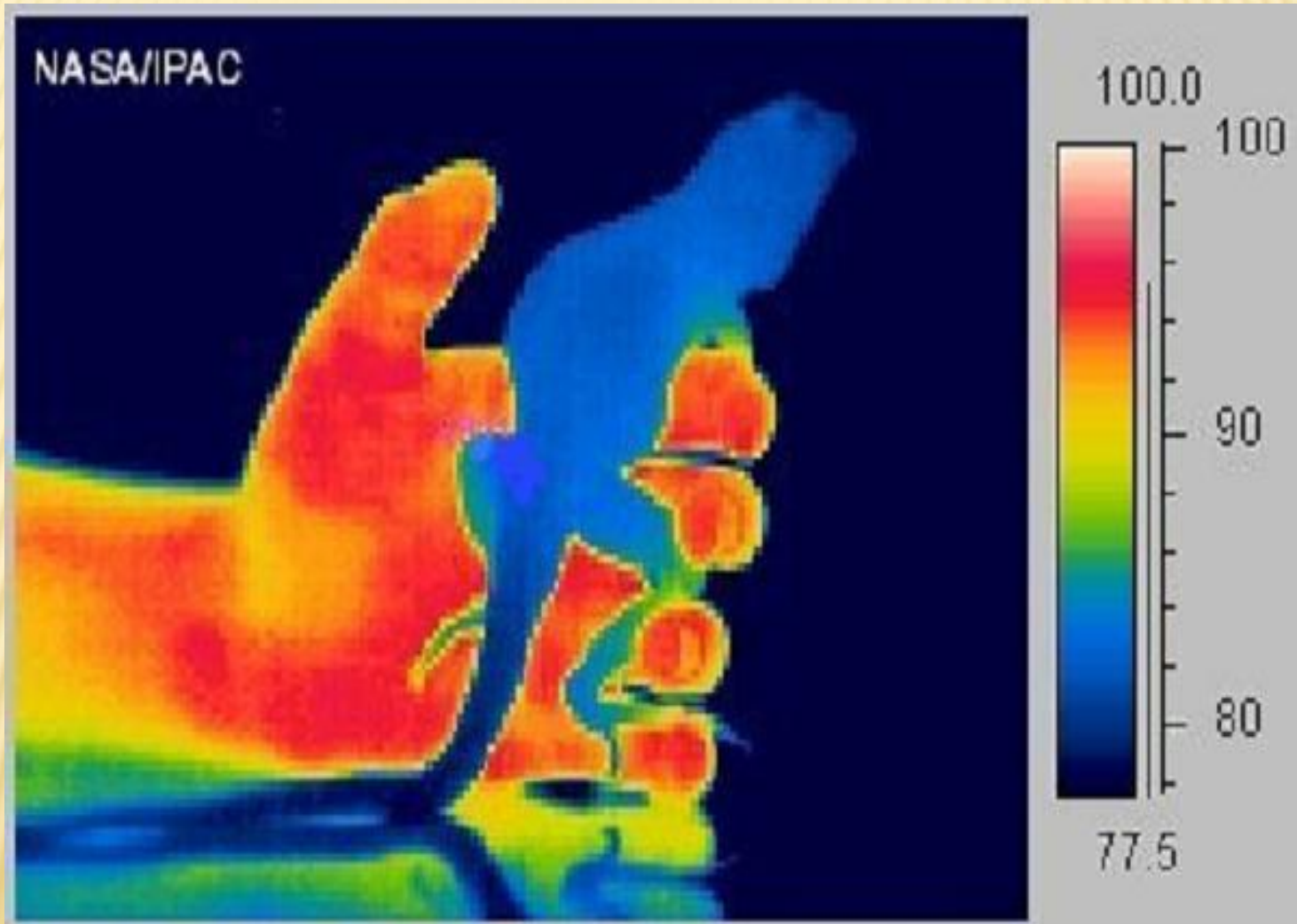
P_c/A_c – эффективность роста (10-30%)

C/NPP – эффективность использования (10-90%)

P_c/NPP – эффективность продукции (1-30%)

В наземных экосистемах эффективность продукции в пастбищных цепях около 10%, в водных 20%.

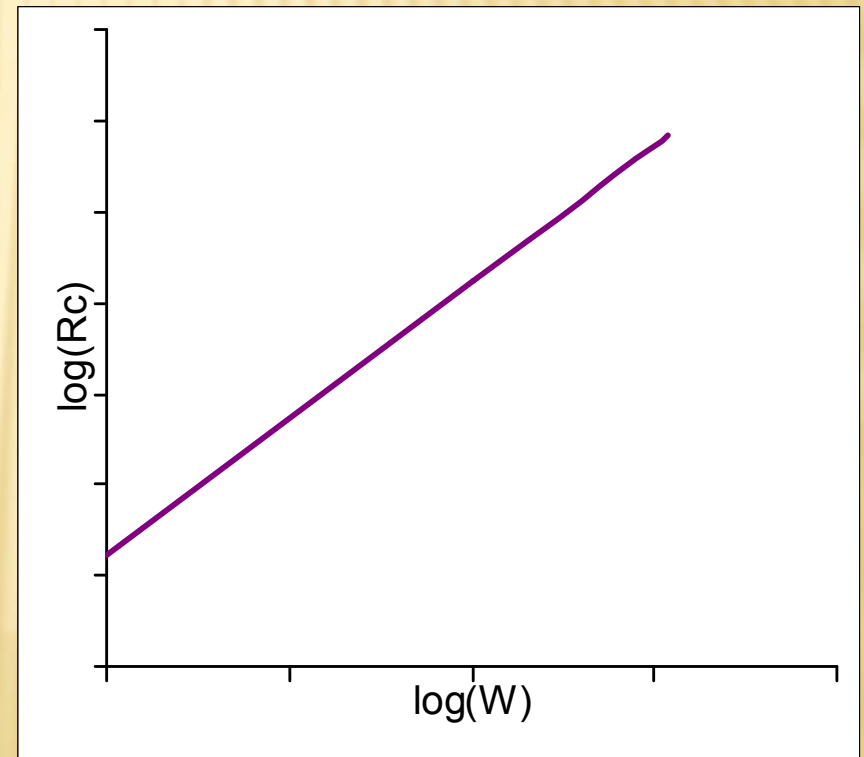
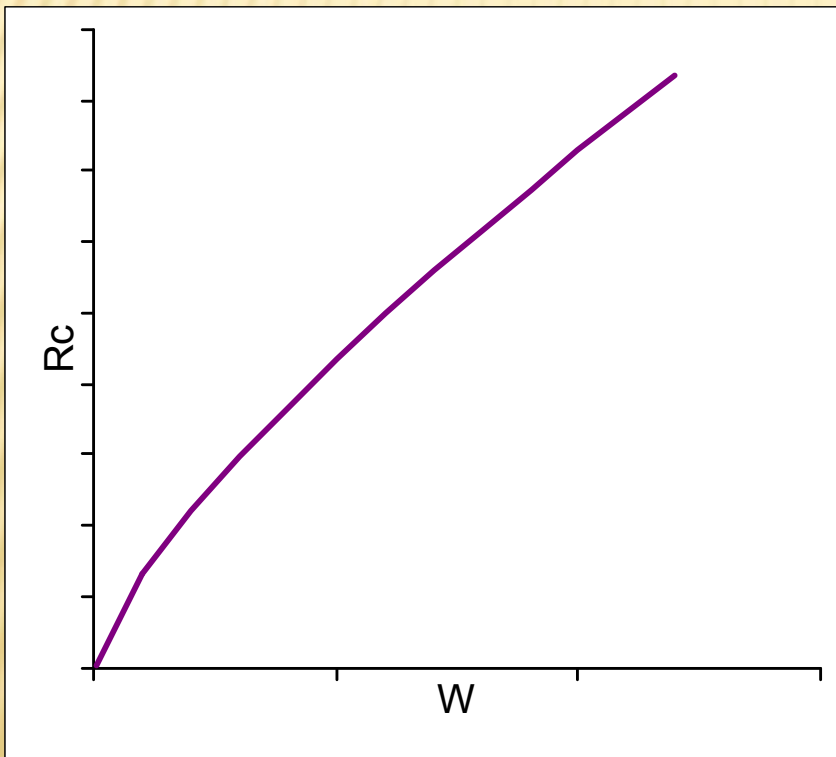
Затраты на дыхание у эндотермов в 10-12 раз выше, чем у эктотермов той же массы



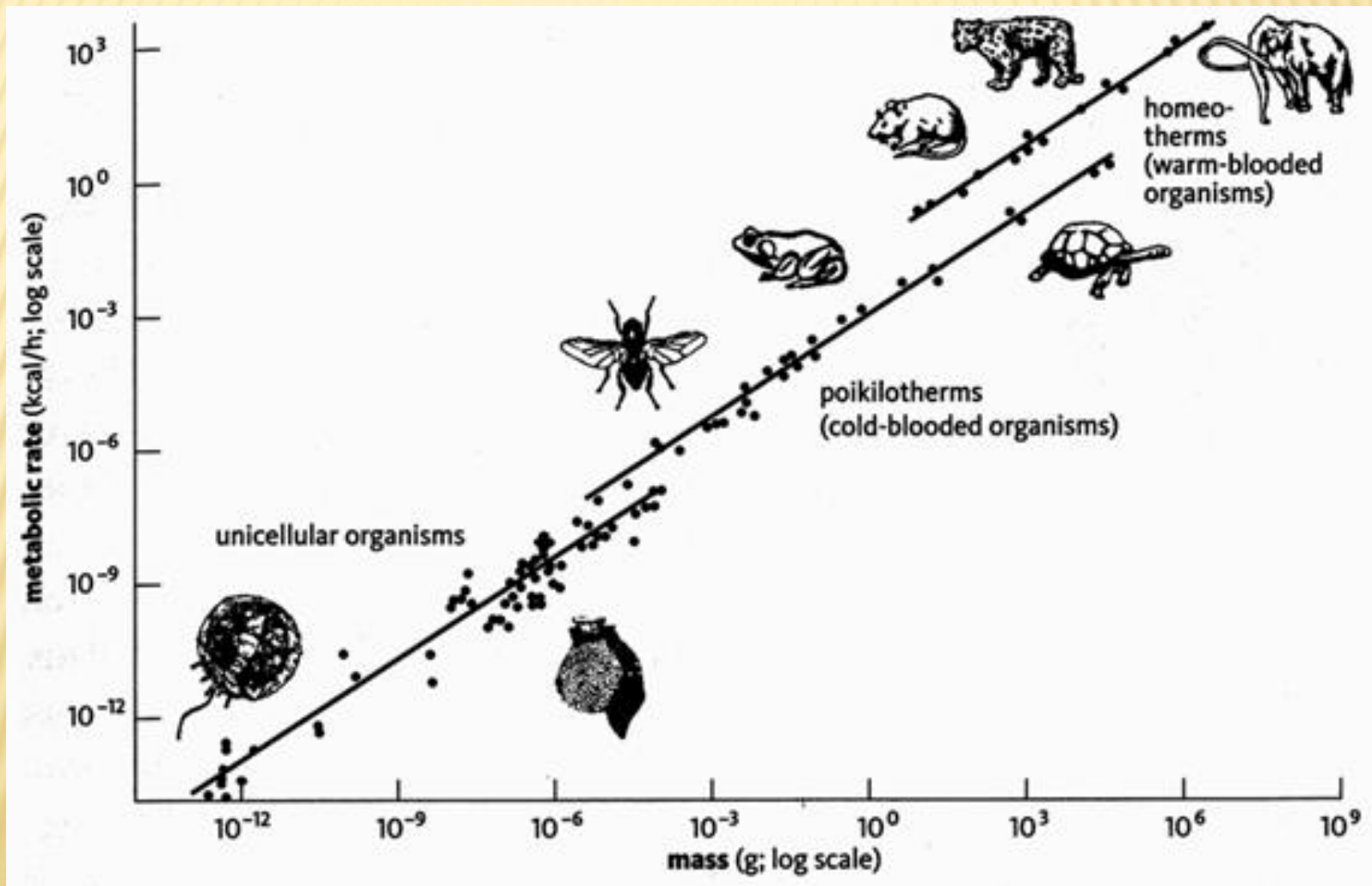
Зависимость метаболизма (R_c) от массы тела (W)

$$R_c = a W^b$$

$$b \approx 0.75$$



Аллометрическая зависимость хорошо работает в крупных группах организмов (одноклеточные, эктотермы, эндотермы)



Объяснения зависимости

Макс Рубнер (1883)

- ✘ Если длина одного животного больше длины другого в N раз, то поверхность S , масса M и обмен R будут возрастать пропорционально:

$$S \sim N^2$$

$$M \sim N^3$$

$$R \sim M^{2/3}$$

Объяснения зависимости: WEB

Джеффри Вест, Брайен Энkvист, Джеймс Браун
(1999)

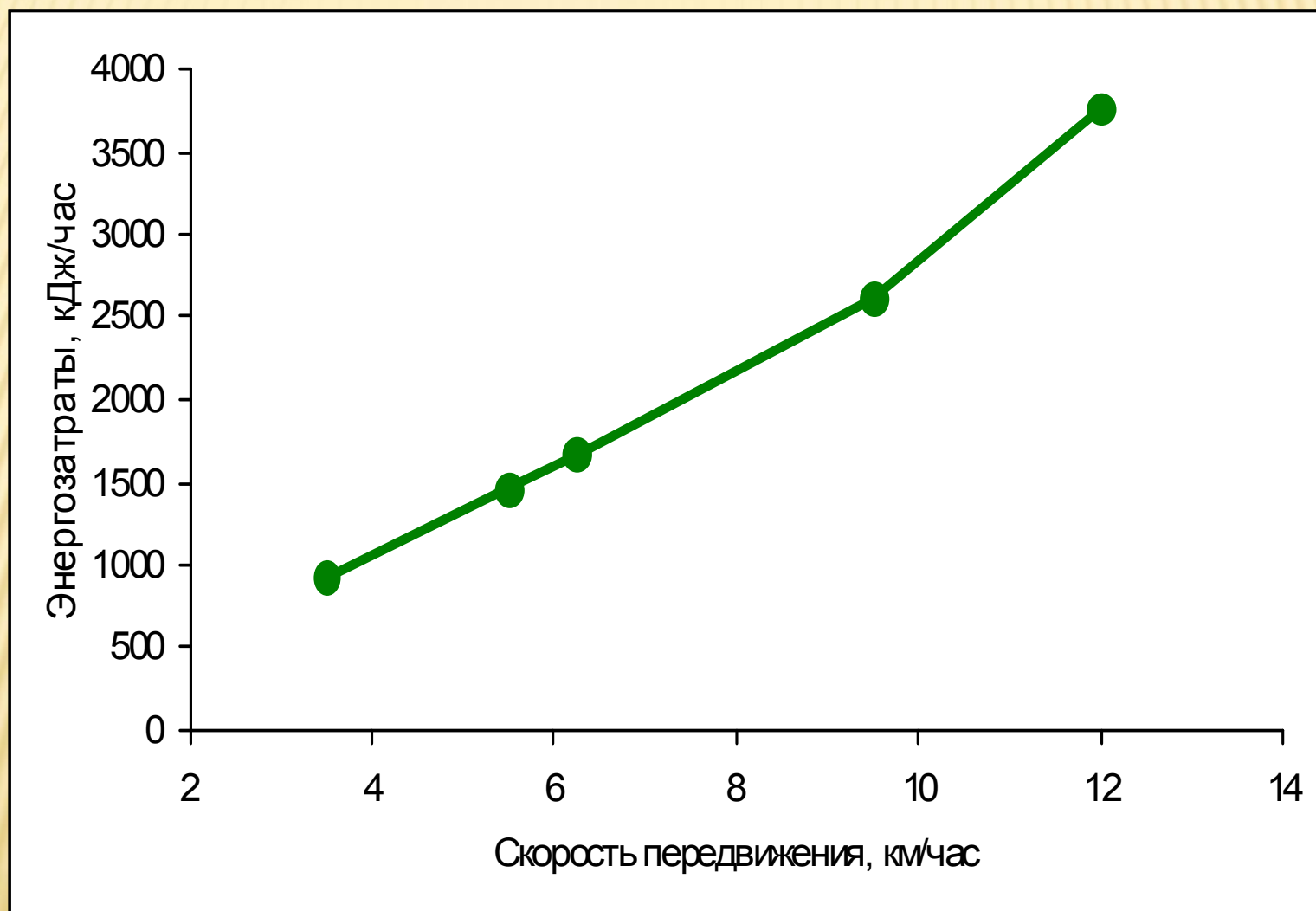
Принято во внимание, что кислород должен доставляться по распределительной сети (сосуды, трахеи и т.д.)

Доля объема этой сети стабильна у организмов разного размера (подтверждается фактическими данными)

Тогда у крупного организма сеть более разрежена, чем у мелкого

Численный анализ этой ситуации (физика и геометрия) приводит к коэффициенту $3/4$.

Энергозатраты человека в зависимости от скорости передвижения (ходьба, бег)



По Иващенко, Страпко, 1988

Средства для похудения – действие на разные потоки энергии

$$\Delta W \downarrow = C \downarrow - E \uparrow - R_c \uparrow$$

Диета:

уменьшение количества пищи, уменьшение энергосодержания (калорийности) пищи.

Подавление чувства голода (микросталлическая целлюлоза)

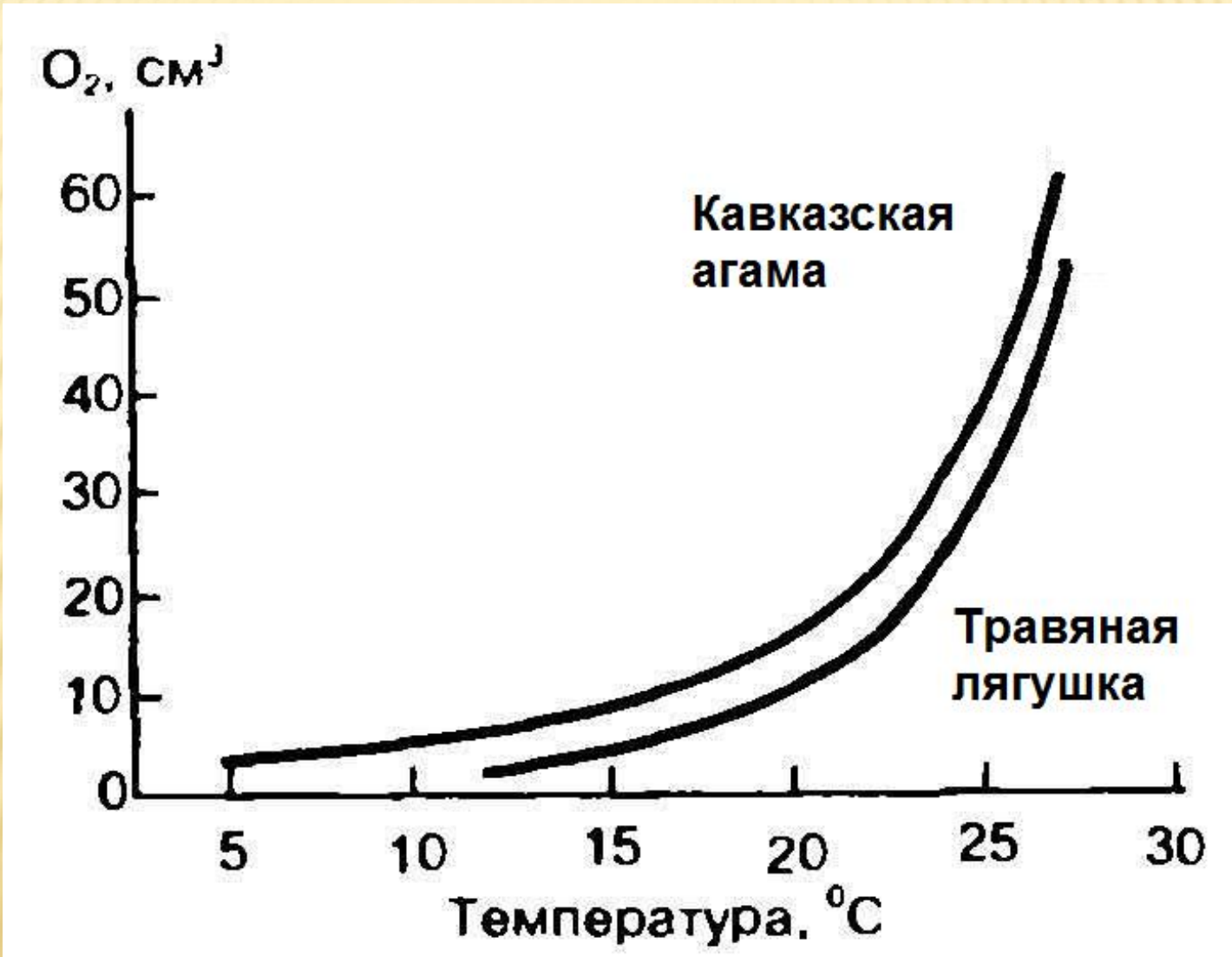
Диета: отказ от пищи животного происхождения (усвоение 95%) в пользу растительной (80%), ограничение термической обработки пищи,

Физическая нагрузка.

Баня, сауна (энергозатраты на терморегуляцию).

Активизация метаболизма с помощью препаратов (сжигатели жира)

Зависимость дыхания эктотермных животных от температуры



Потоки энергии для редуцентов

P_r – вторичная продукция редуцентов

A_r – ассимиляция редуцентов

R_r – дыхание редуцентов

V_r – прижизненные выделения

$$P_r = A_r - R_r - V_r$$

Экологические эффективности на уровне редуцентов

Pr/Ar – эффективность роста (5-20%)

Ar/NPP – эффективность использования (10-90%)

Pr/NPP – эффективность продукции (1-20%)

Прижизненные выделения редуцентов – это экскреция ферментов (протеазы, липазы, карбогидразы, нуклеазы)

Доля Vr от Ar варьирует от 2 до 10%.

Потоки энергии на уровне экосистемы

R_h – дыхание гетеротрофов

E_R – экосистемное дыхание

NEP – чистая продукция экосистемы

$$R_c + R_r = R_h$$

$$R_h + R_a = E_R$$

$$NEP = GPP - E_R = GPP - R_h - R_a$$

$$NEP = NPP - R_h$$

В стабильной экосистеме $NEP = 0$

Сельскохозяйственные объекты и экосистемы: антропогенная оптимизация NPP, P_c, P_r

$$P_c \uparrow = C \uparrow - E \downarrow - R_c \downarrow$$

C↑ - увеличение количества корма

E↓ - увеличение усвояемости корма (силос, комбикорма)

R_c↓ - снижение энергозатрат на движение и терморегуляцию (содержание в стойлах и клетках, контроль температуры)

$$NPP = GPP \uparrow - R_a \downarrow$$

Удобрение, полив, обработка почвы, борьба с конкурентами (сорняки) и эксплуататорами (вредители)

Антропогенные энергетические субсидии приводят к модификации потоков энергии в сельскохозяйственных экосистемах



Ныне основной источник энергии для антропогенных субсидий – ископаемое топливо



Селекция и генная инженерия – усиление способности сельскохозяйственных организмов воспринимать энергетические субсидии

Gallus gallus

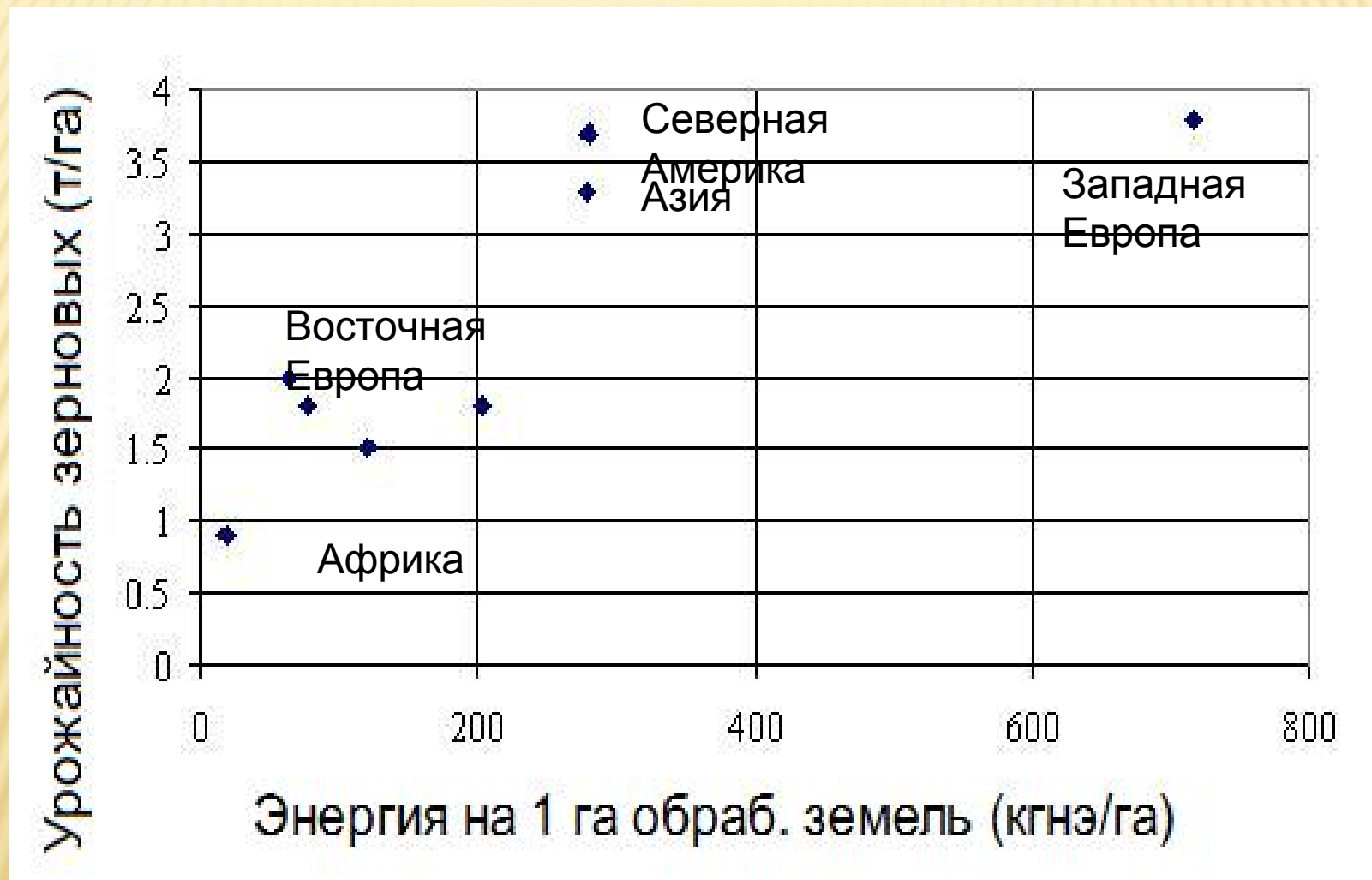
Банкивская джунглевая курица



Бройлерный цыпленок



Урожайность и энергозатраты сельского хозяйства по регионам Земли (данные FAO)



кгнэ (килограмм нефтяного эквивалента) = 41 868 кДж

Энергетическая классификация экосистем (по Ю. Одум, 1986, с дополнениями)

1. Природные, движимые Солнцем.
2. Управляемые, движимые Солнцем, субсидируемые человеком.
3. Природные, движимые Солнцем, субсидируемые природой (дождевые леса, дельты и эстуарии)
4. Природные, движимые другими экосистемами (дно океана)
5. Природные, движимые энергией химических реакций с неорганическими веществами

Умеренные дождевые леса восточного побережья Северной Америки



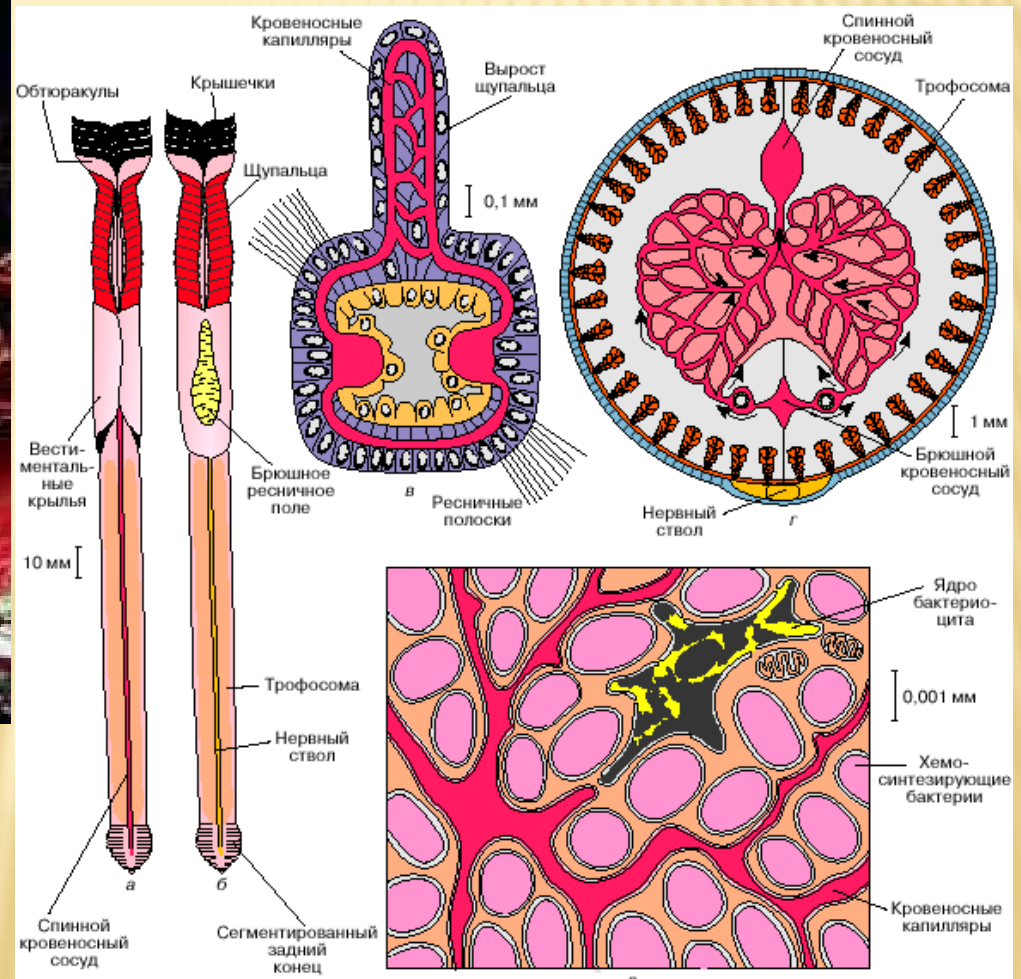
Дельты и эстуарии – энергетическая субсидия за счет кинетической энергии текущей воды



Черные курильщики – экосистемы, существующие без энергии Солнца



Вестиментиферы – симбиоз серобактерий и погонофор (кольчатых червей)



Пример грубого рисунка экологической пирамиды



Пирамида численностей (ос./га)

Лес

Степь

Море

К2

10^2

10^2

10^2

К1

10^4

10^4

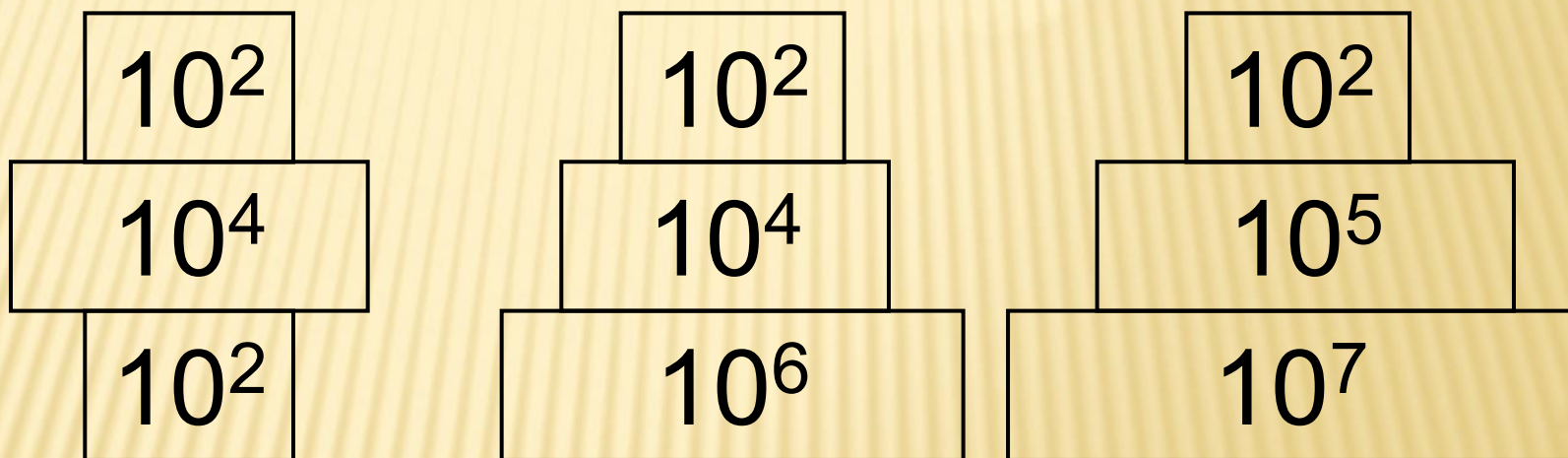
10^5

Пр

10^2

10^6

10^7

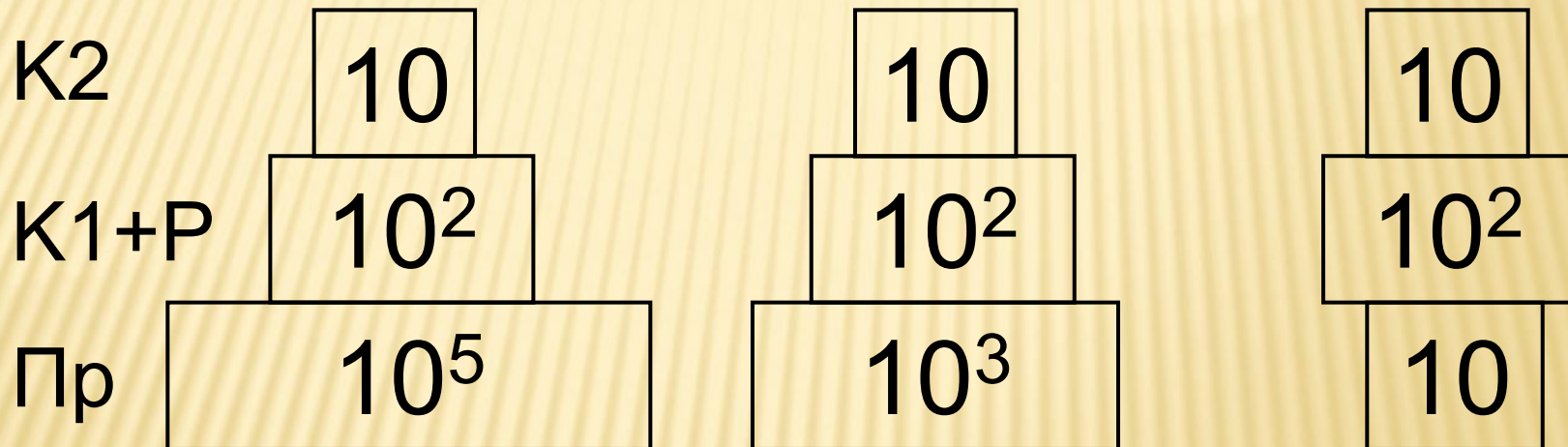


Пирамида биомасс (кг/га)

Лес

Степь

Море

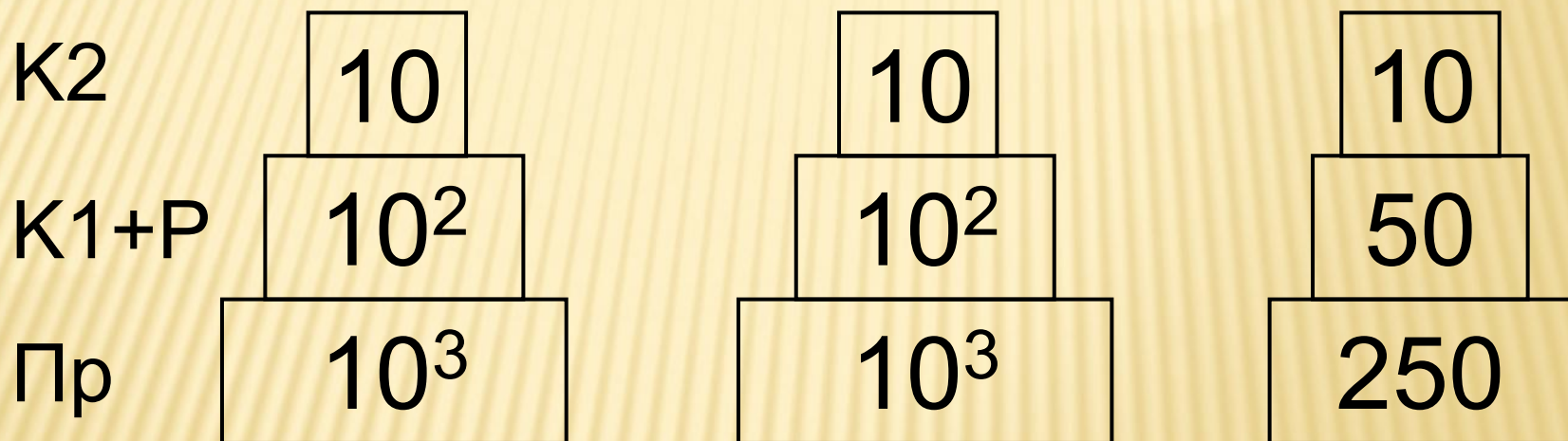


Пирамида продукций (ГДж/га/год)

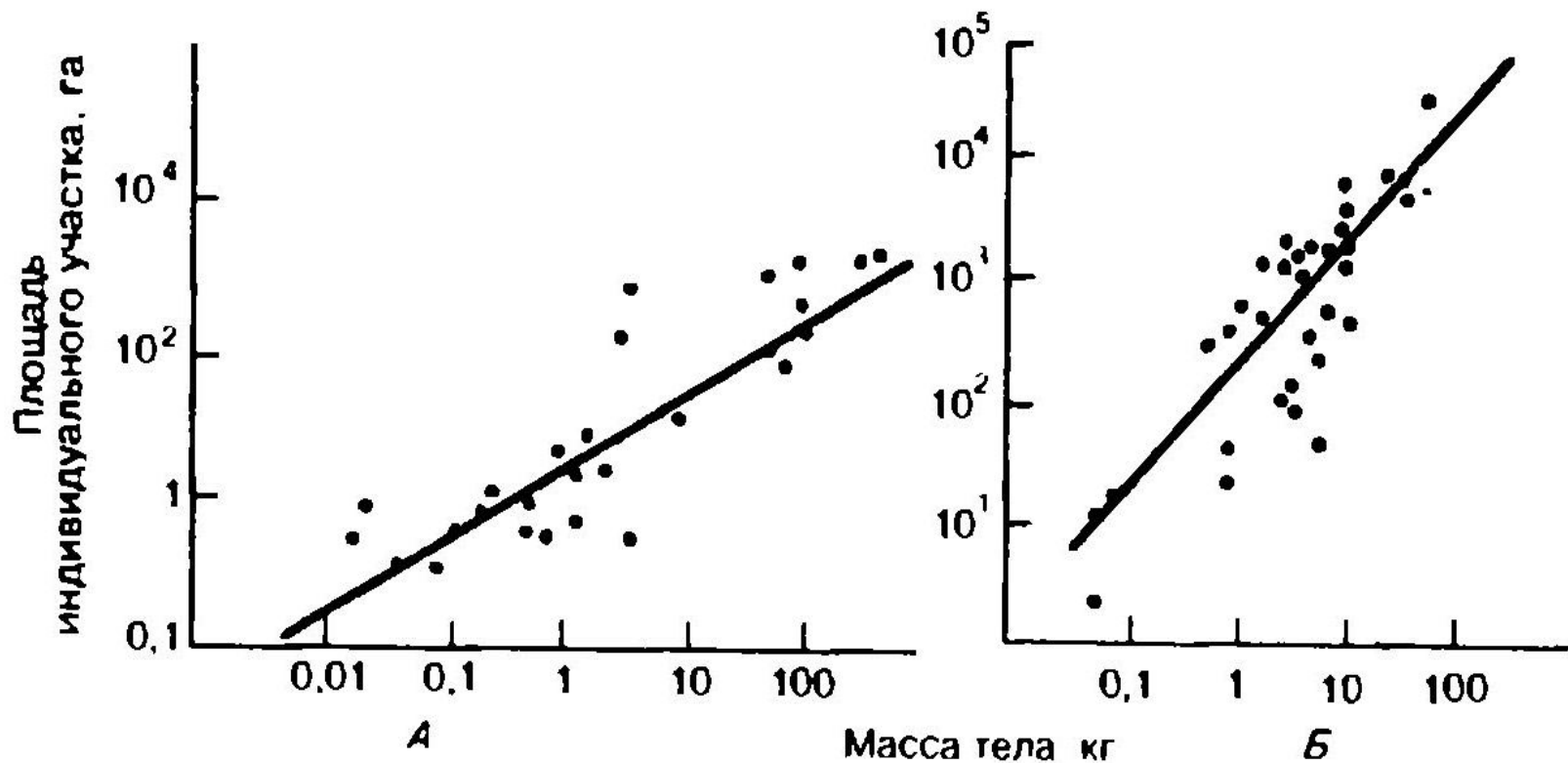
Лес

Степь

Море



Зависимость размера индивидуального участка у растительноядных (А) и хищных (Б) млекопитающих



Экономическое подтверждение «правила 10%».

Средние цены (руб за 1 кг продукта) по России
(<http://tsenomer.ru/russia/>)

Хлеб	31
Капуста	27
Картофель	26
Мясо	373
Рыба	240