

# Лекция 10.

---

Тема 5. Трофические взаимодействия  
и потоки энергии.

Часть 2. Потоки энергии в экосистеме

## ЭКОЛОГИЯ

Заведующий кафедрой общей экологии

Дмитрий Геннадьевич Замолодчиков

[dzamolod@mail.ru](mailto: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

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

$$A_c = C - E$$

$$P_c = A_c - R_c - V_c$$

# 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,

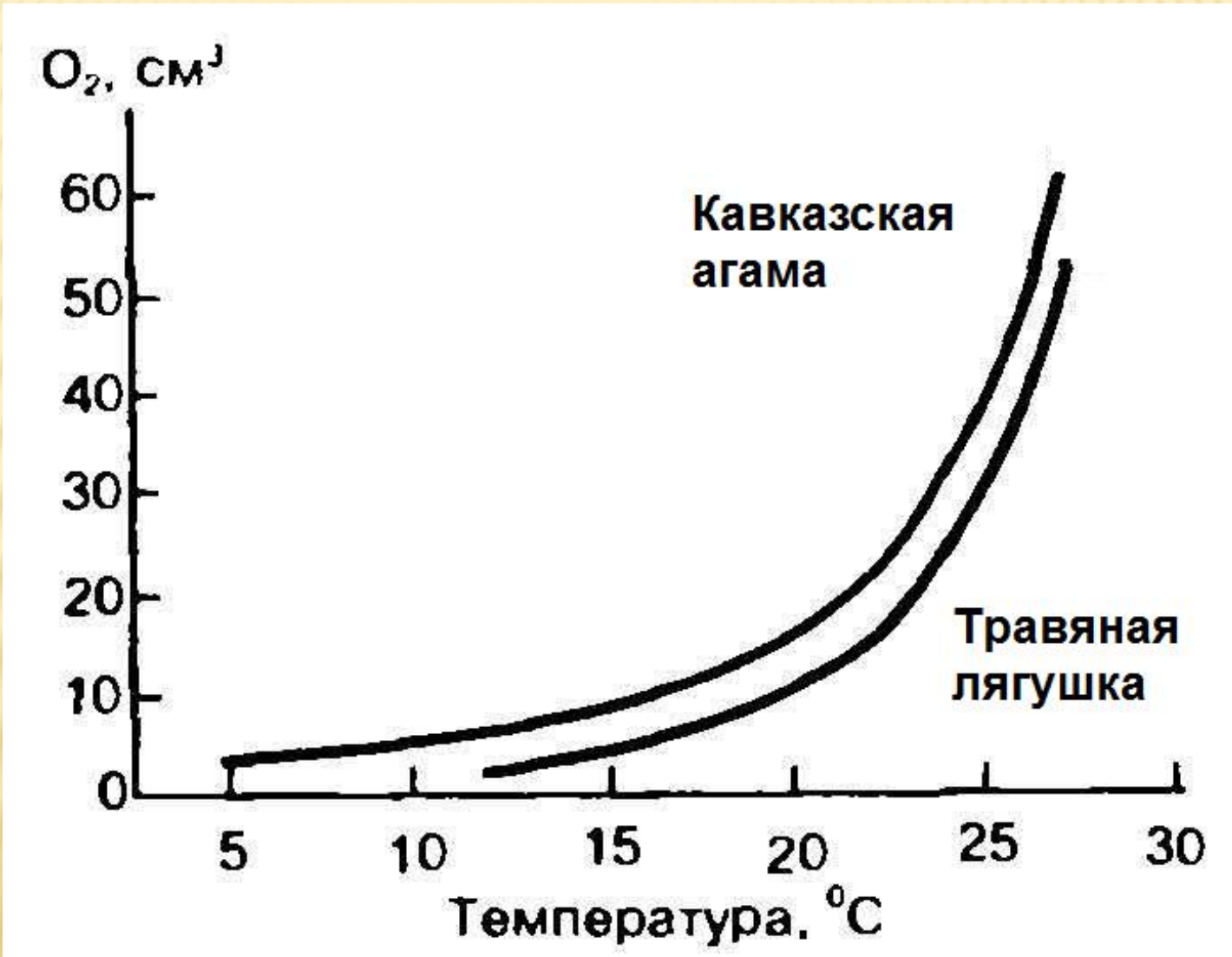
Физическая нагрузка.

Баня, сауна (энергозатраты на терморегуляцию).

Активизация метаболизма с помощью препаратов (сжигатели жира)



# Зависимость дыхания эктотермных животных от температуры



# Многие рептилии в период активности поддерживают температуру тела постоянной

У живородящей ящерицы (*Lacerta vivipara*) предпочитаемая температура тела равна 30°C.





# Описание динамики массы эктотермного ЖИВОТНОГО

---

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

$$C = a W^b$$

$$E = K_a C$$

$$R_c = d W^{0.75} e^{kt}$$

a, b, d, k – параметры

t - температура

# Предпочитаемая пассивность у рептилий

Чтобы восполнить энергозатраты, ящерицам не нужно быть активными каждый день. Доля «активных» дней зависит от возраста и физиологического состояния особей.

Число активных дней за декаду (10 дней)

Вид	Сего- летки	Взрослые		
		самцы	беременные самки	родившие самки
Живородящая ящерица	5-10	2-4	4-7	4-5
Прыткая ящерица	10	3-5	6-7	3-5

# 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

---

$V_r/A_r$  – эффективность роста (5-20%)

$A_r/NPP$  – эффективность использования (10-90%)

$V_r/NPP$  – эффективность продукции (1-20%)

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

Доля  $V_r$  от  $A_r$  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<sub>c</sub>, P<sub>r</sub>

---

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

C $\uparrow$  - увеличение количества корма

E $\downarrow$  - увеличение усвояемости корма (силос, комбикорма)

R<sub>c</sub> $\downarrow$  - 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*

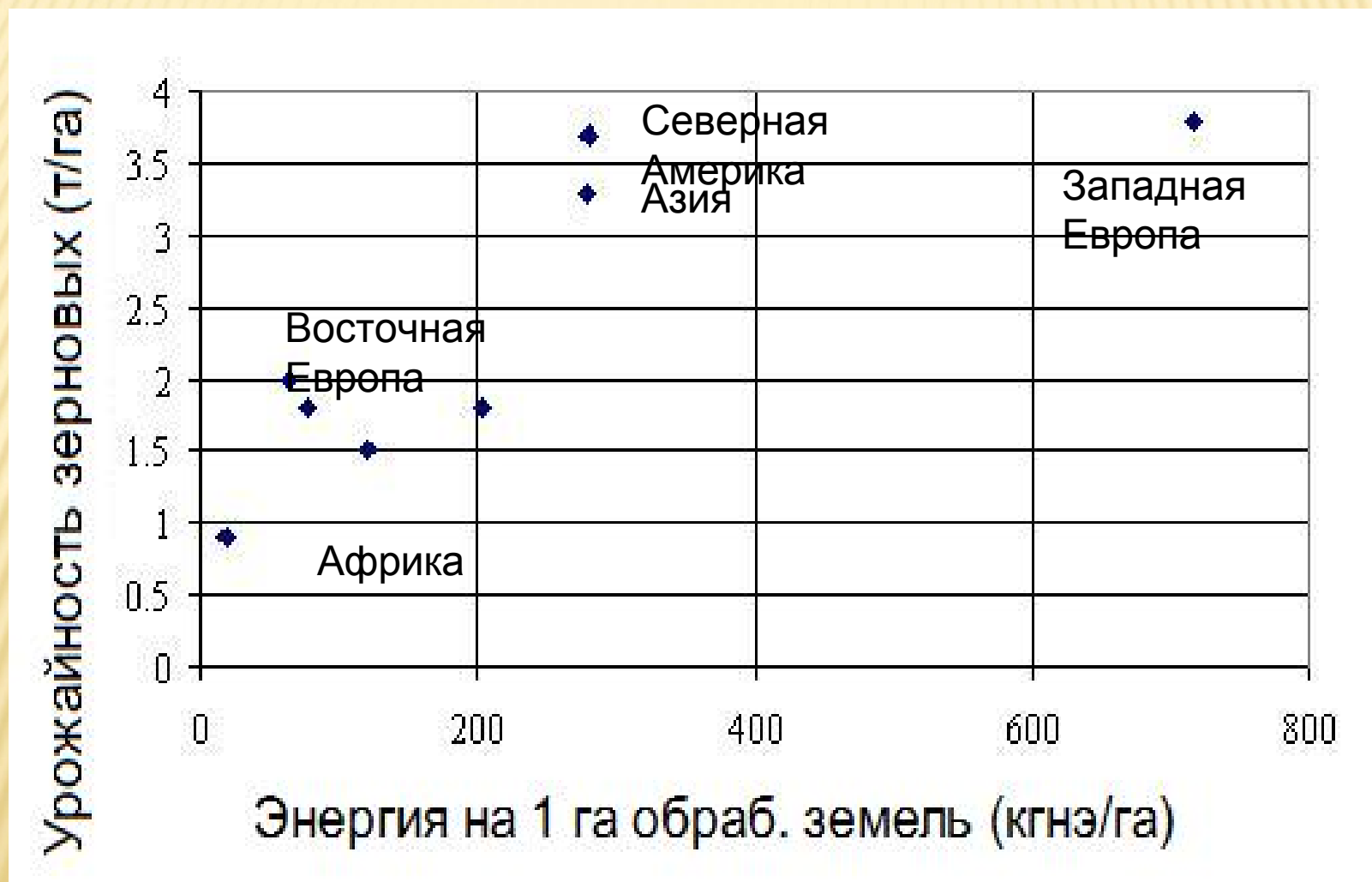
Банкивская джунглевая курица



Бройлерный цыпленок



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



кгнэ (килограмм нефтяного эквивалента) = 41 868 кДж



# Контрольная 2.

---

# Вопрос 1

---

Модель конкуренции Лотка-Вольтерры базируется на

1. линейном уравнении
2. экспоненциальном уравнении
3. логистическом уравнении
4. уравнении гармонических колебаний

## Вопрос 2

---

Как конкуренция воздействует на диапазоны толерантности по ресурсу у видов, конкурирующих за этот ресурс?

1. диапазоны расширяются
2. диапазоны сужаются
3. диапазоны не изменяются
4. диапазоны испытывают равномерные колебания



## Вопрос 3

---

На каких объектах было экспериментально подтверждено возникновение автоколебаний в системе хищник-жертва?

1. тувелька и аурелия
2. тувелька и дидиниум
3. два вида мучных хрущаков
4. растительноядный и хищный клещики

## Вопрос 4.

---

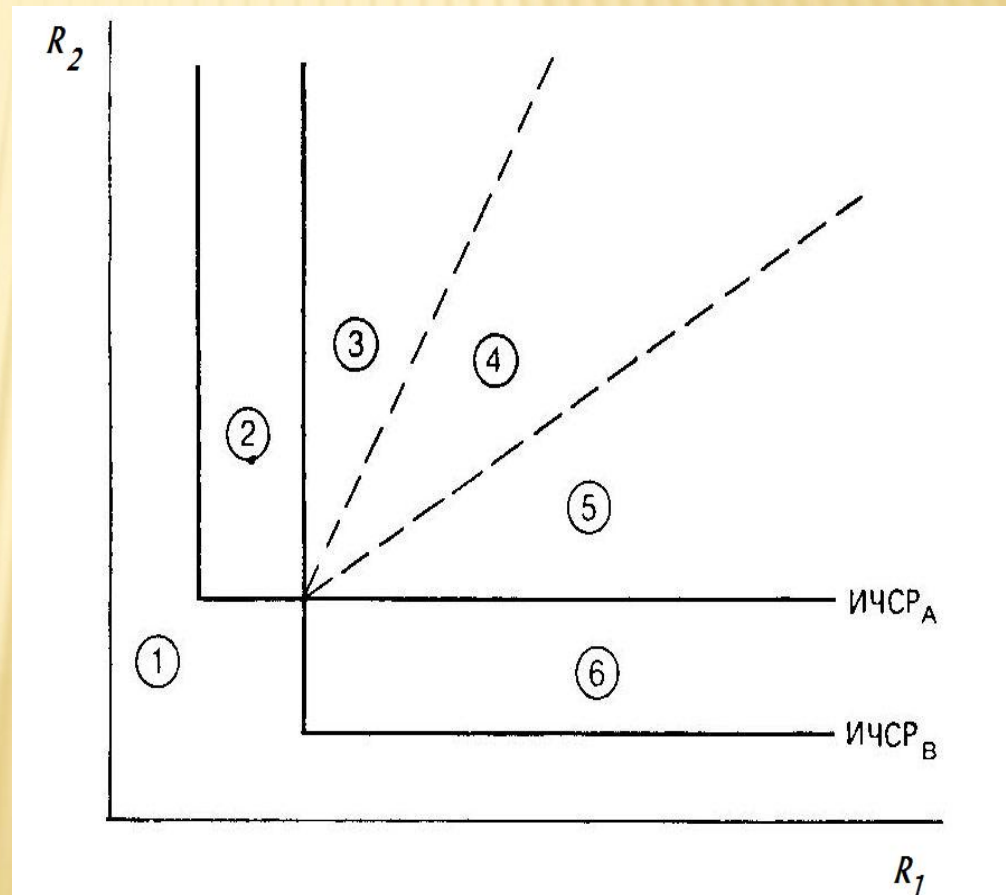
Эпифития это пример

1. конкуренции
2. симбиоза
3. аменсализма
4. комменсализма

## Вопрос 5.

Согласно теории ресурсной конкуренции Д.Тильмана, что происходит при положении точки снабжения в секторе 3?

- 1.элиминация  
обоих видов
- 2.победа вида А
- 3.победа вида В
- 4.сосуществование  
обоих видов





# Правильные ответы

---

Модель конкуренции Лотка-Вольтерры базируется на  
3. логистическом уравнении

Как конкуренция воздействует на диапазоны толерантности по ресурсу у видов, конкурирующих за этот ресурс?

2. диапазоны сужаются

На каких объектах было экспериментально подтверждено возникновение автоколебаний в системе хищник-жертва?

4. растительноядный и хищный клещики

Эпифития это пример

4. комменсализма

Согласно теории ресурсной конкуренции Д.Тильмана, что происходит в секторе 3?

2. победа вида А

# 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





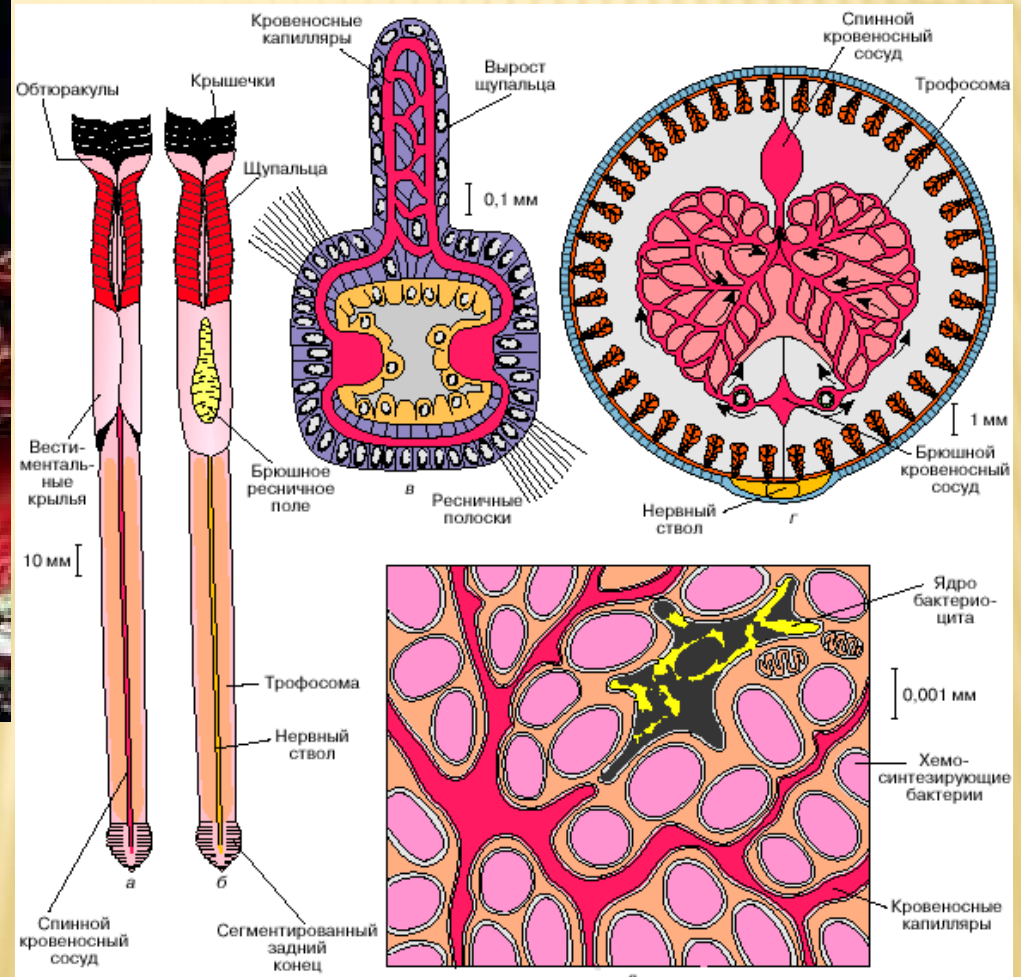
# Дельты и эстуарии – энергетическая субсидия за счет кинетической энергии текущей воды



# Черные курильщики – экосистемы, существующие без энергии Солнца



# Вестиментиферы – симбиоз серобактерий и погонофор (кольчатых червей)

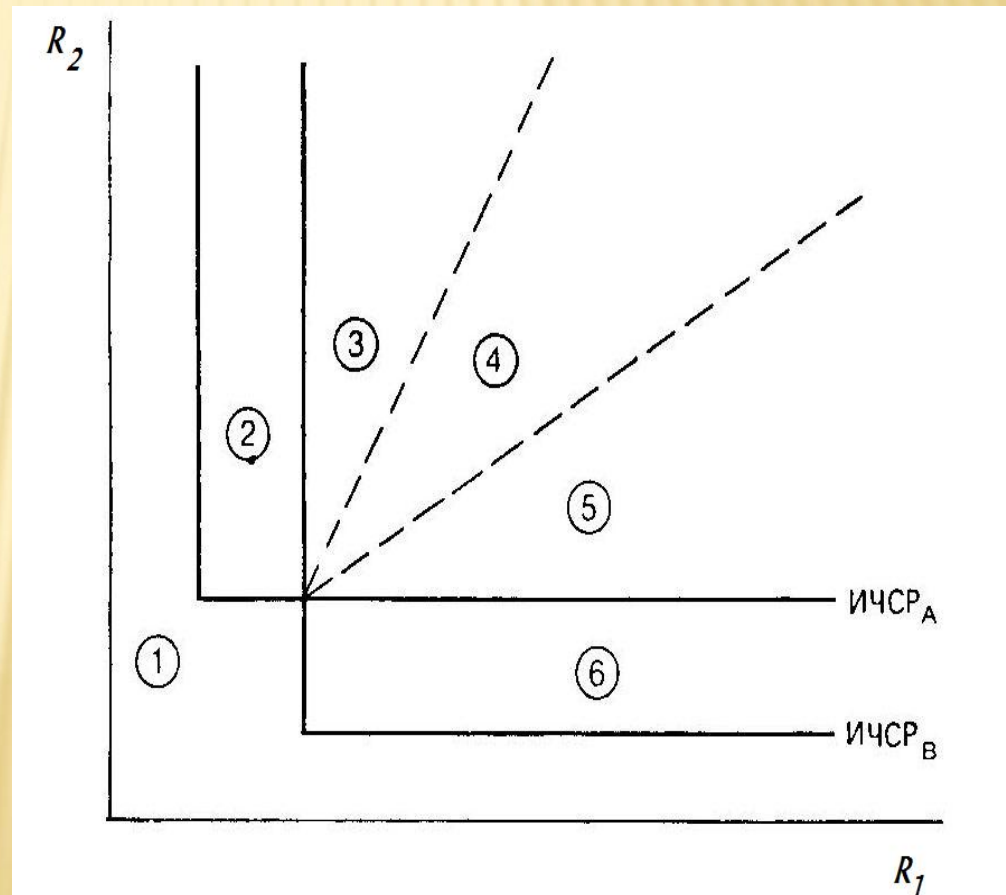




## Вопрос 5.

Согласно теории ресурсной конкуренции Д.Тильмана, что происходит при положении точки снабжения в секторе 3?

- 1.элиминация  
обоих видов
- 2.победа вида А
- 3.победа вида В
- 4.сосуществование  
обоих видов



# Правильные ответы

---

Модель конкуренции Лотка-Вольтерры базируется на  
3. логистическом уравнении

Как конкуренция воздействует на диапазоны толерантности по ресурсу у видов, конкурирующих за этот ресурс?

2. диапазоны сужаются

На каких объектах было экспериментально подтверждено возникновение автоколебаний в системе хищник-жертва?

4. растительноядный и хищный клещики

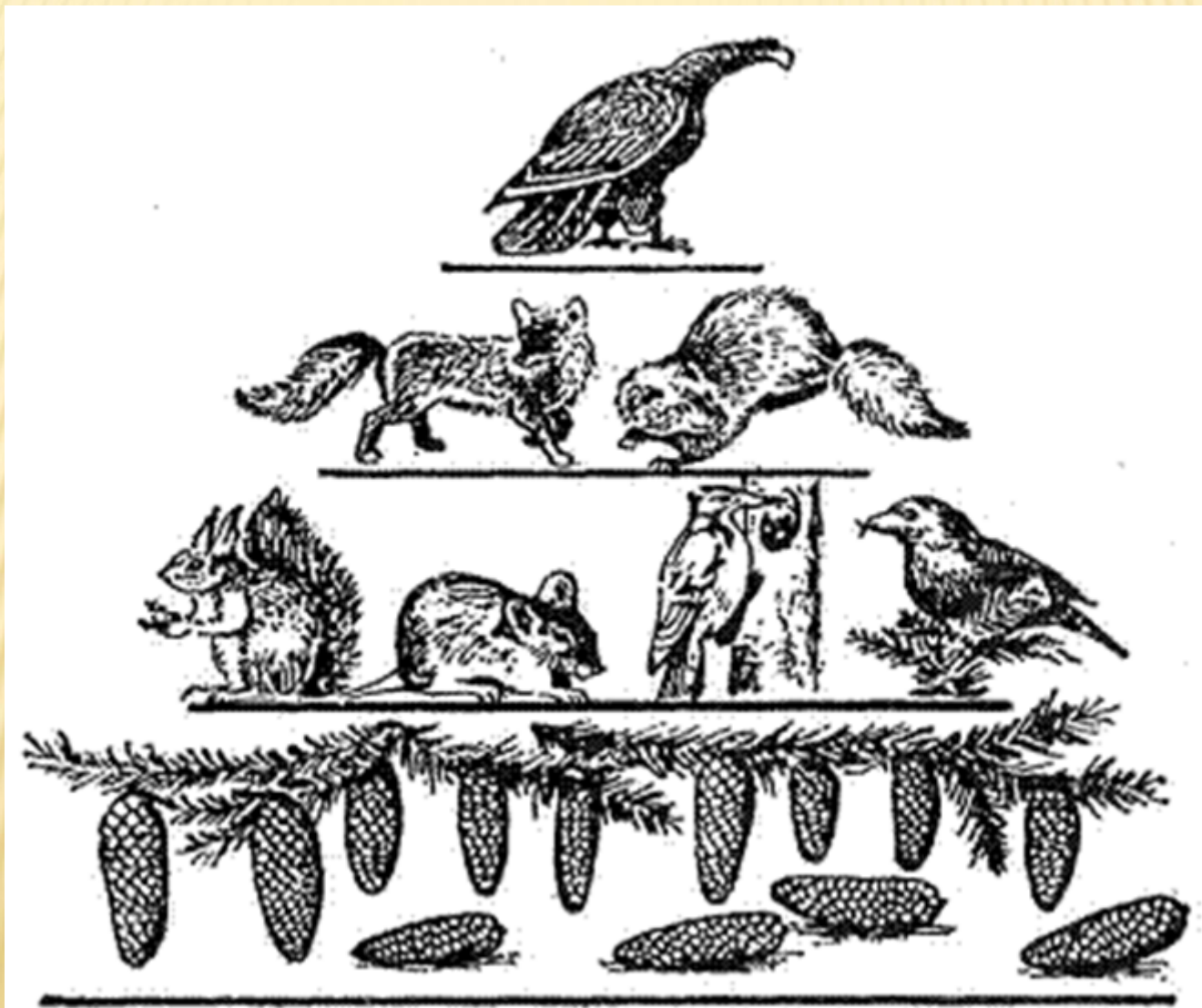
Эпифития это пример

4. комменсализма

Согласно теории ресурсной конкуренции Д.Тильмана, что происходит в секторе 3?

2. победа вида А

# Пример грубого рисунка экологической пирамиды





# Пирамида численностей (ос./га)

Лес

Степь

Море

К2

$10^2$

$10^2$

$10^2$

К1

$10^4$

$10^4$

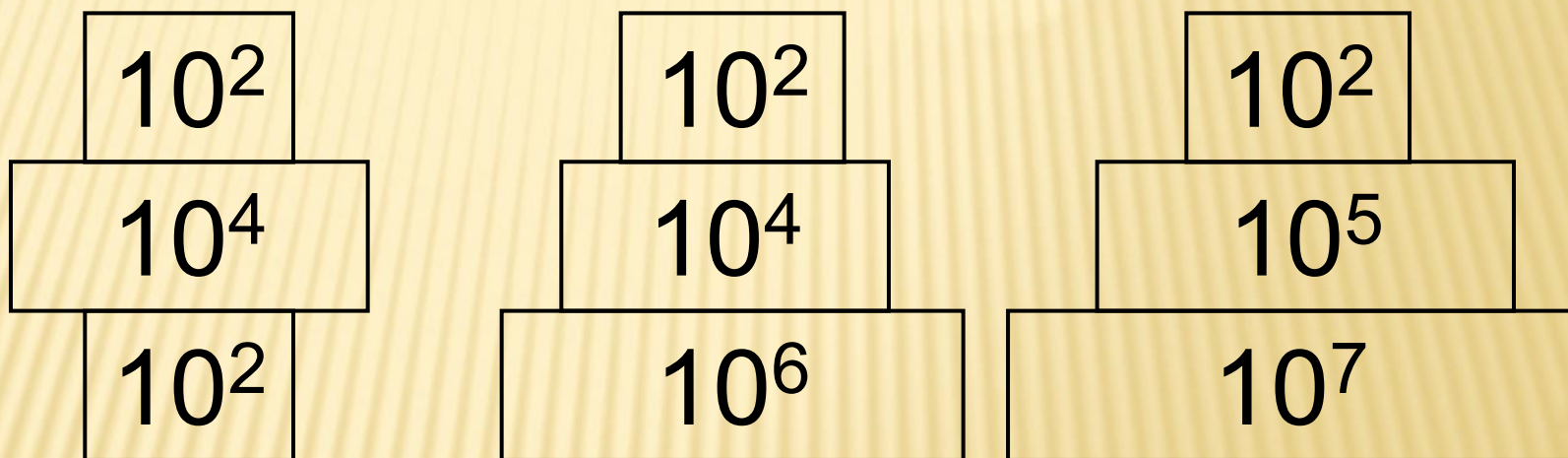
$10^5$

Пр

$10^2$

$10^6$

$10^7$

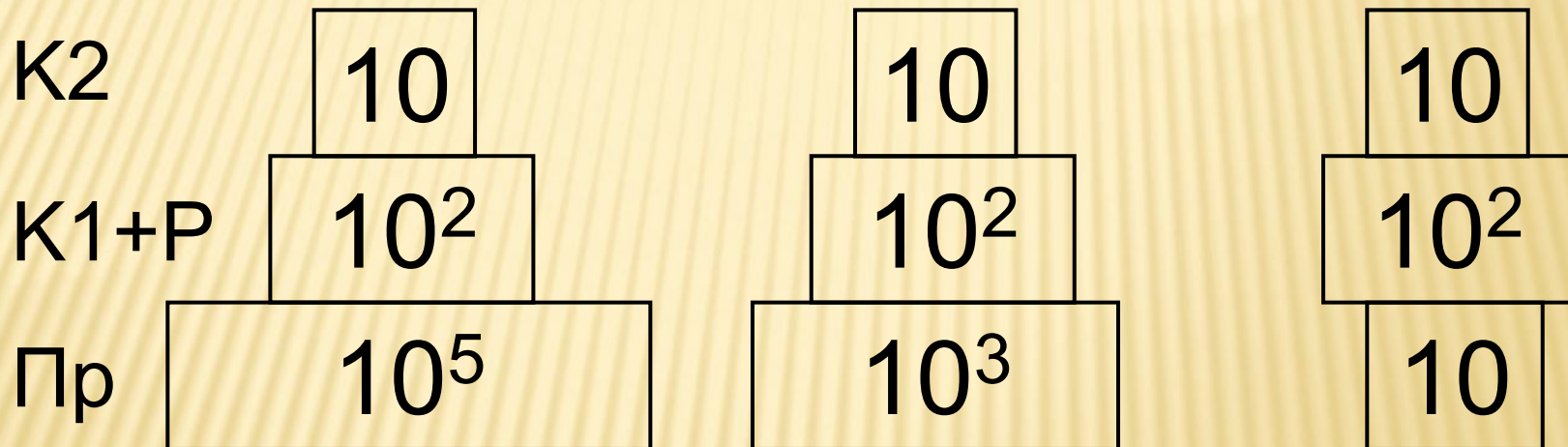


# Пирамида биомасс (кг/га)

Лес

Степь

Море

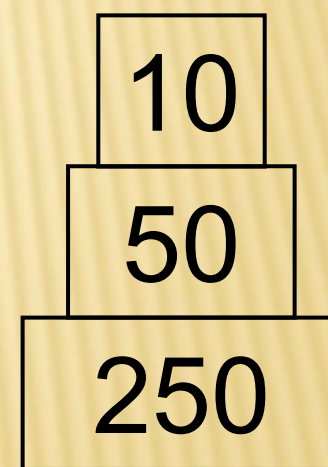
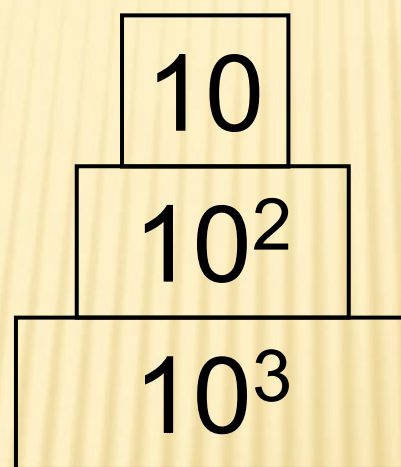
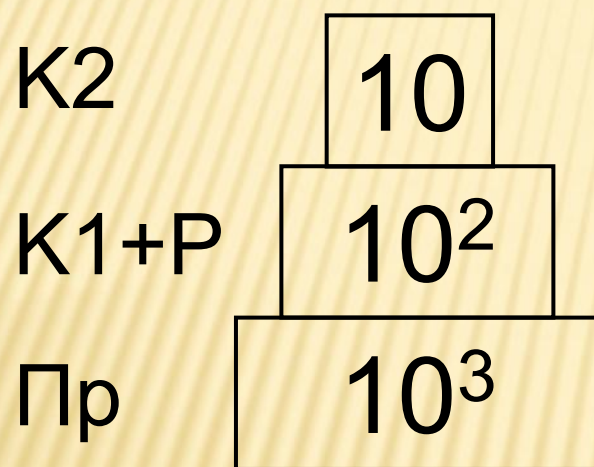


# Пирамида продукций (ГДж/га/год)

Лес

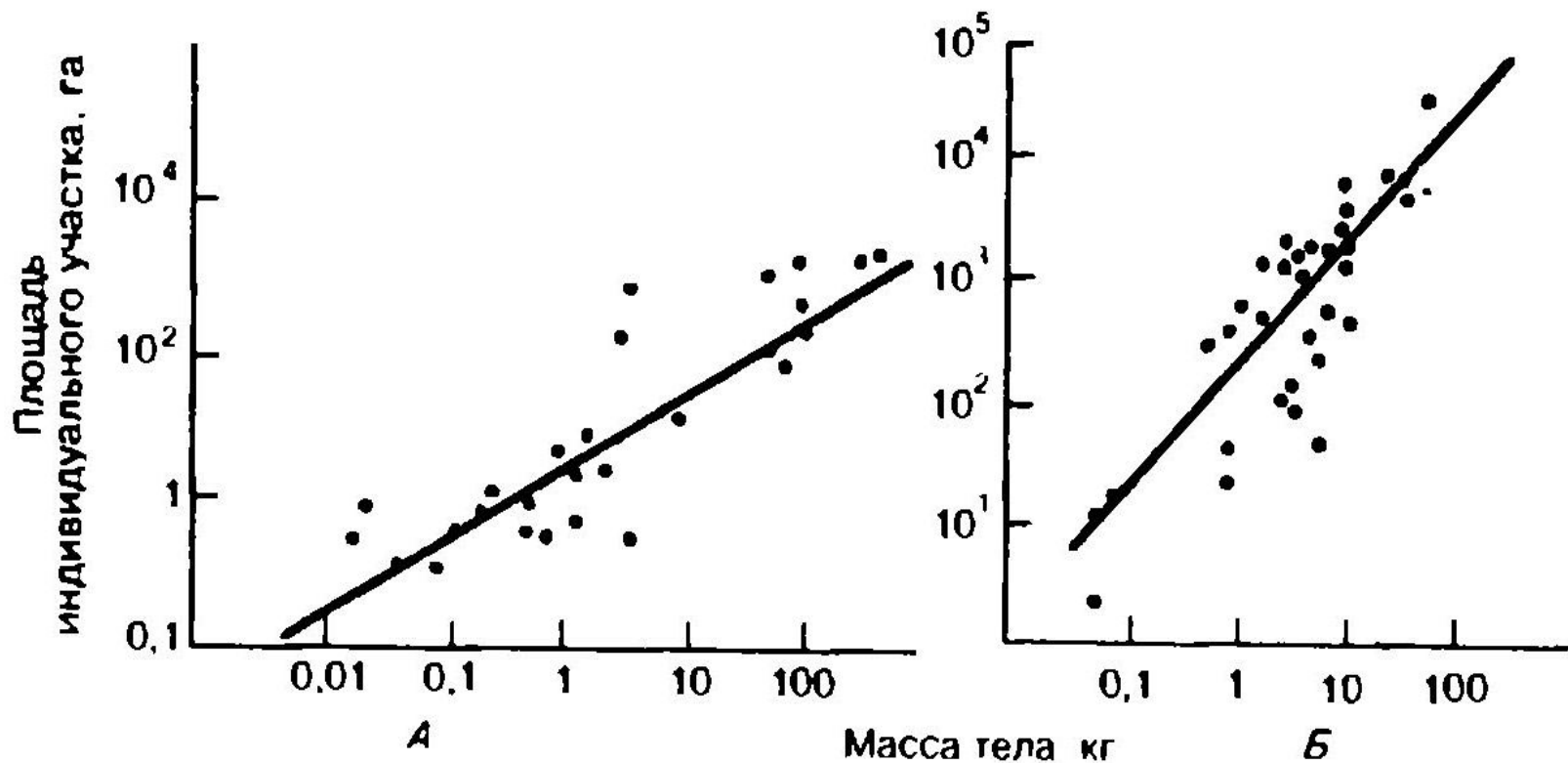
Степь

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	36
Капуста	30
Картофель	25
Мясо	338
Рыба	286