

# Лекция 6.

---

Тема 4. Взаимодействие популяций.  
Часть 2. Эксплуатация и прочие  
взаимодействия.

## ЭКОЛОГИЯ

Заведующий кафедрой общей экологии

Дмитрий Геннадьевич Замолодчиков

[dzamolod@mail.ru](mailto:dzamolod@mail.ru)

# Взаимодействие (+,-): эксплуатация

- ✘ Хищник-жертва
- ✘ Паразит-хозяин
- ✘ Фитофаг-растение



*Крушинница (Gonapteryx rhamni L.) гусеница*

# Модель хищник-жертва базируется на экспоненциальном уравнении

---

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

# Модель хищник-жертва базируется на экспоненциальном уравнении

---

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - p_1 N_1 N_2$$

# Модель хищник-жертва Лотка-Вольтерра (1925, 1926)

---

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - p_1 N_1 N_2 \\ \frac{dN_2}{dt} = p_2 N_1 N_2 - d_2 N_2 \end{array} \right.$$

# Нахождение условий равновесия для популяции 1

---

$$\frac{dN_1}{dt} = 0$$

$$r_1 N_1 - p_1 N_1 N_2 = 0$$

$$r_1 - p_1 N_2 = 0$$

$$N_2 = r_1 / p_1$$

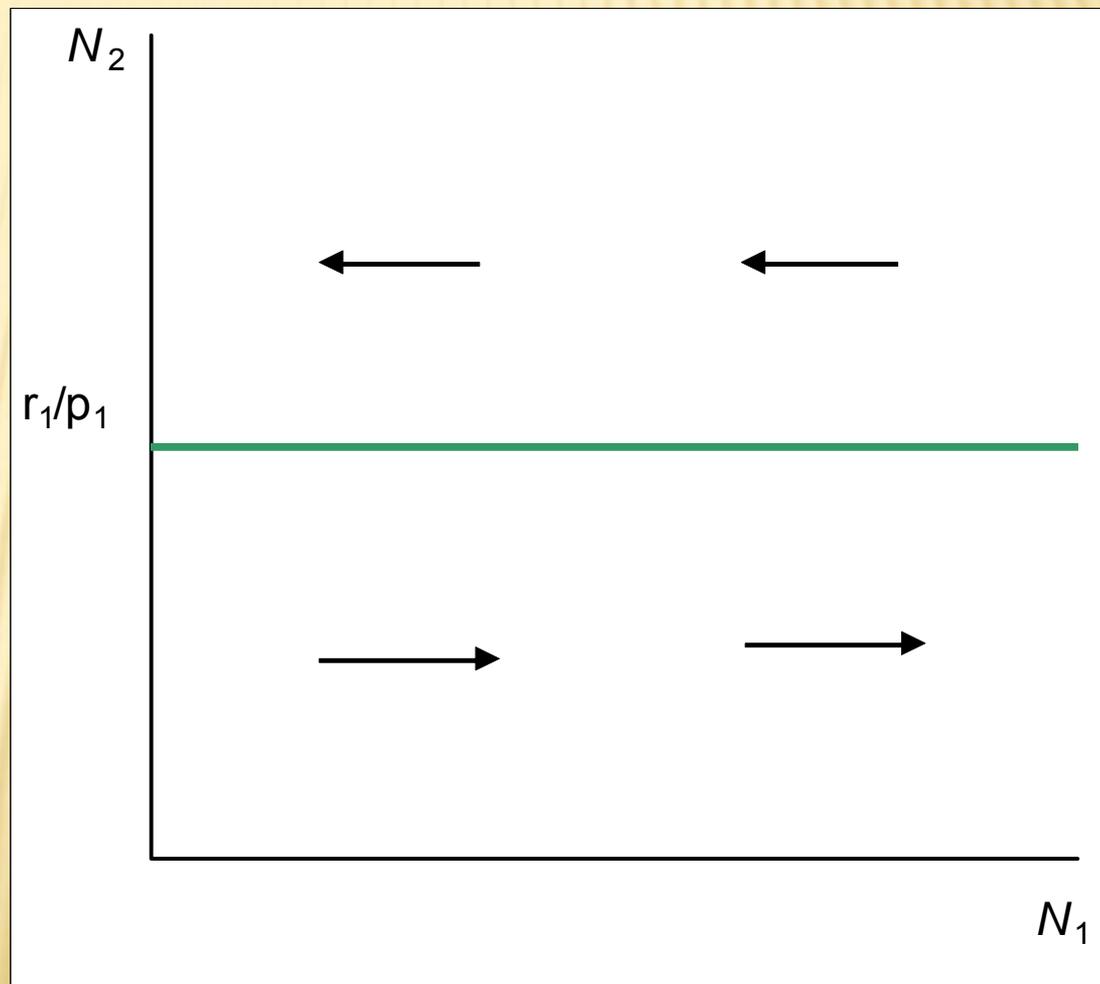
# Нахождение условий равновесия для популяции 1 (жертва)

$$\frac{dN_1}{dt} = 0$$

$$r_1 N_1 - p_1 N_1 N_2 = 0$$

$$r_1 - p_1 N_2 = 0$$

$$N_2 = r_1/p_1$$



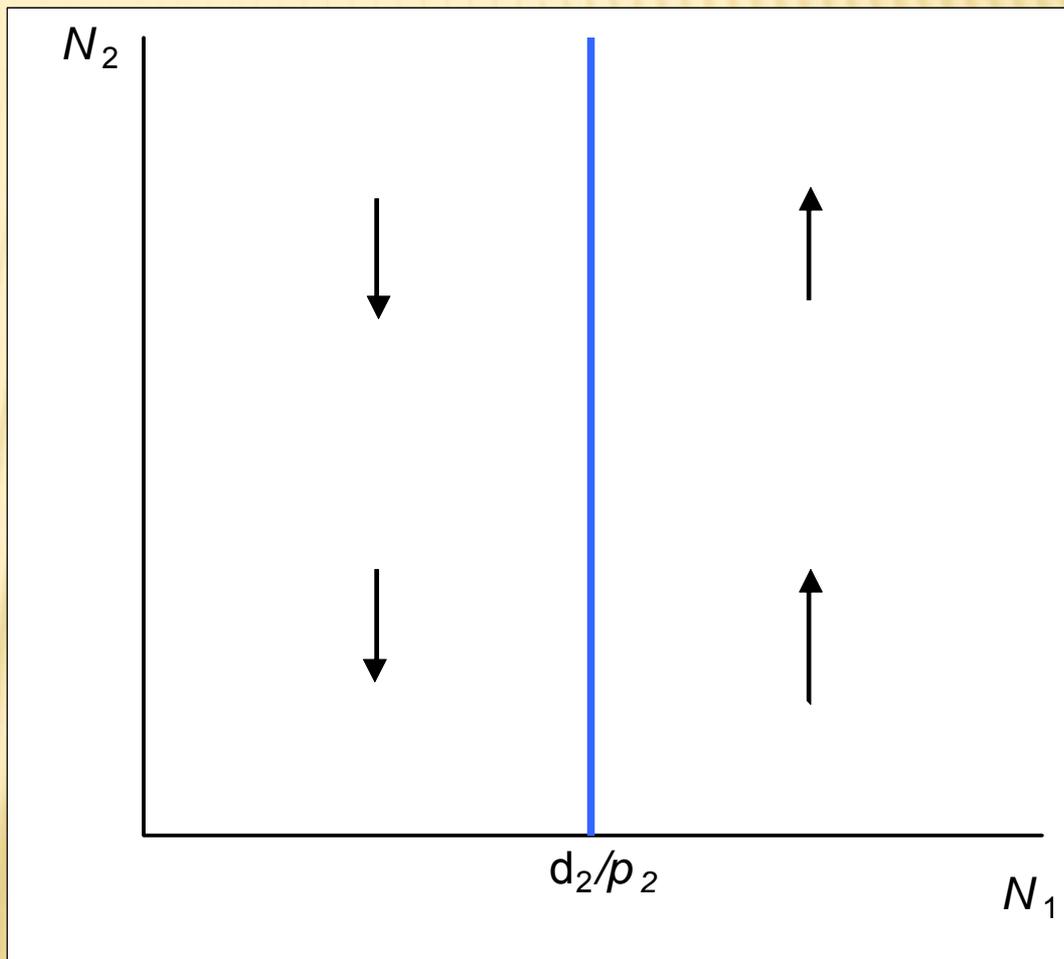
# Нахождение условий равновесия для популяции 2 (хищник)

$$\frac{dN_2}{dt} = 0$$

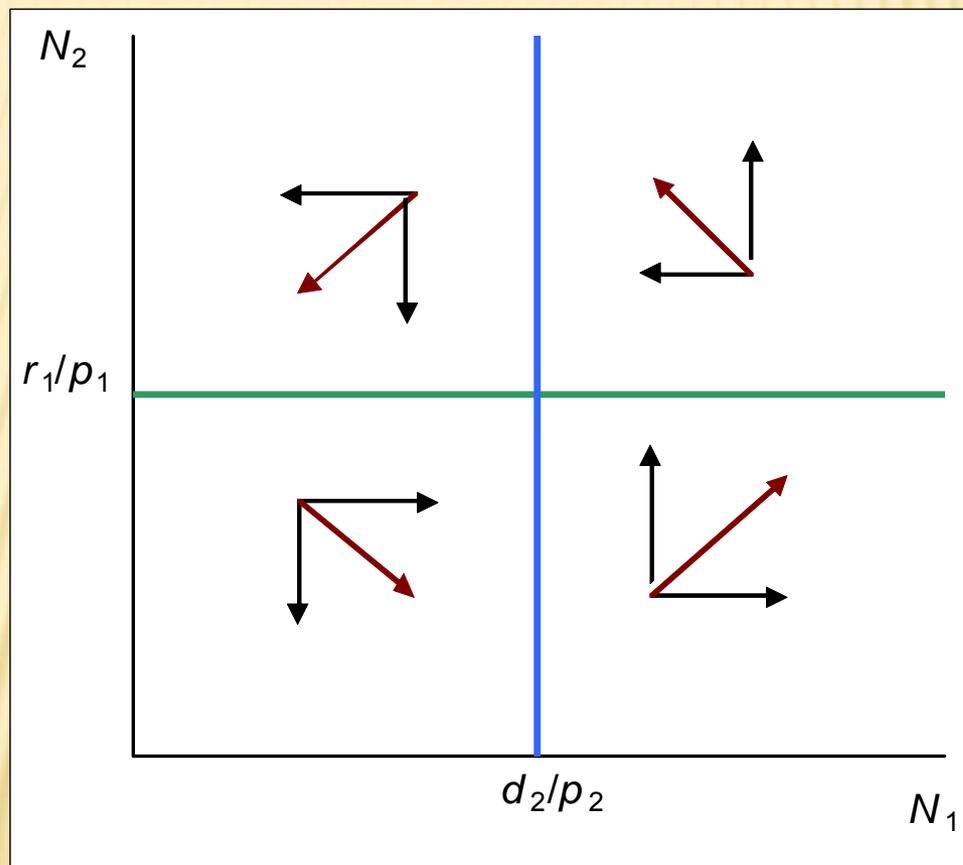
$$p_2 N_1 N_2 - d_2 N_2 = 0$$

$$p_2 N_1 - d_2 = 0$$

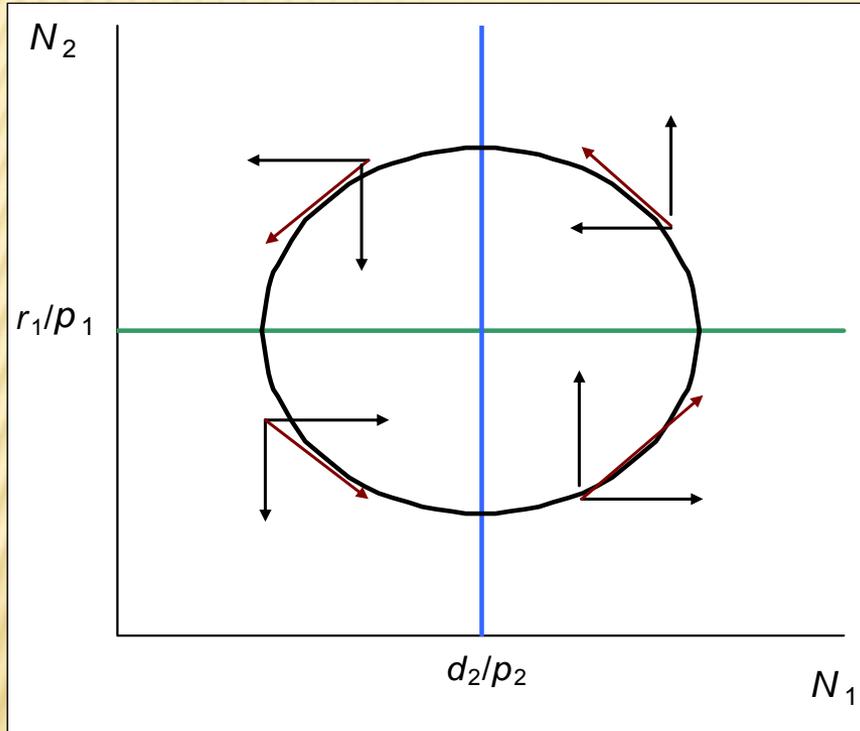
$$N_1 = d_2 / p_2$$



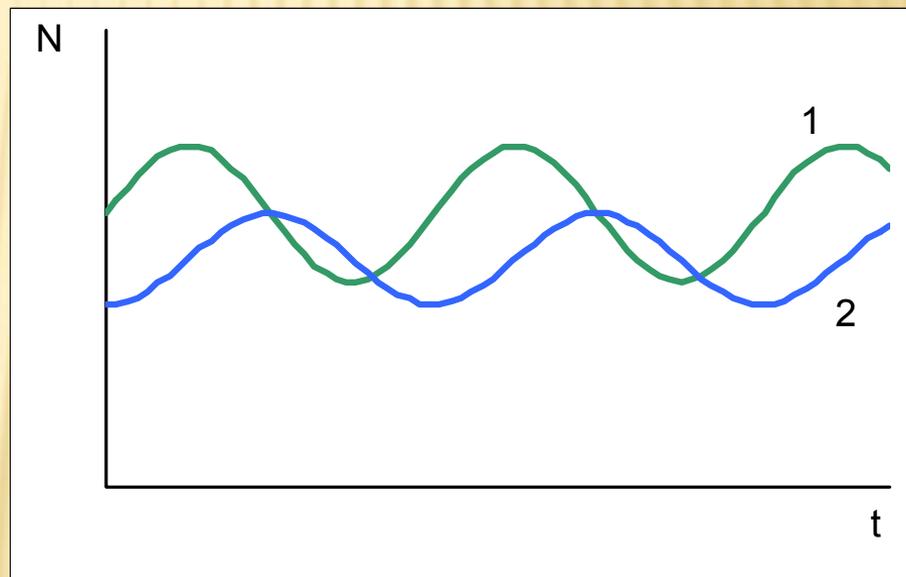
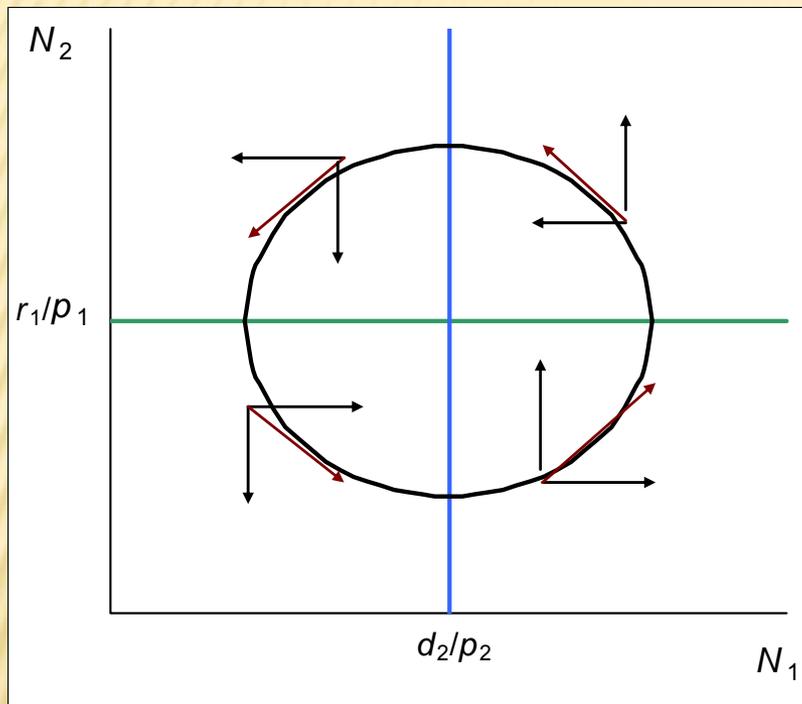
# Фазовый портрет модели хищник-жертва



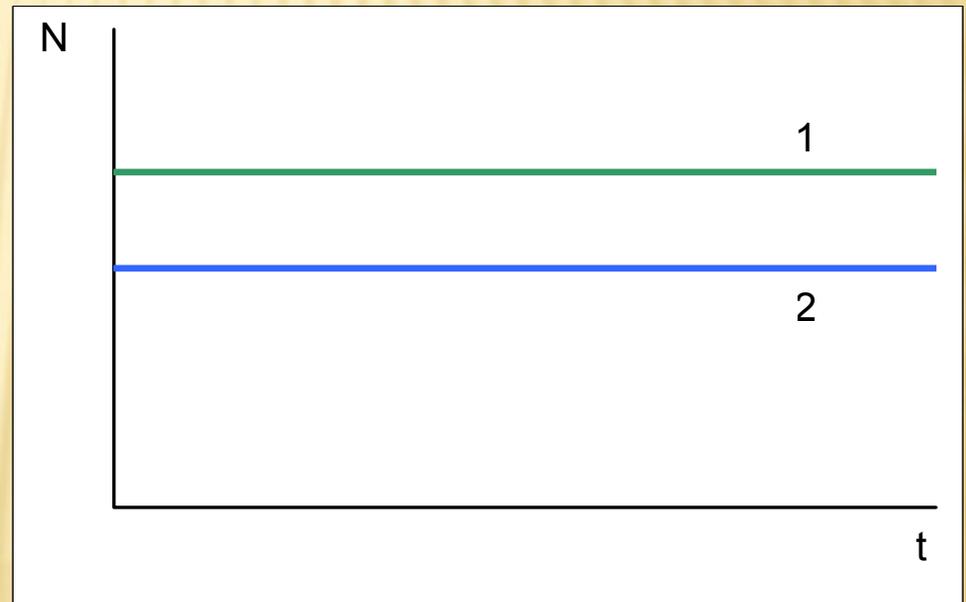
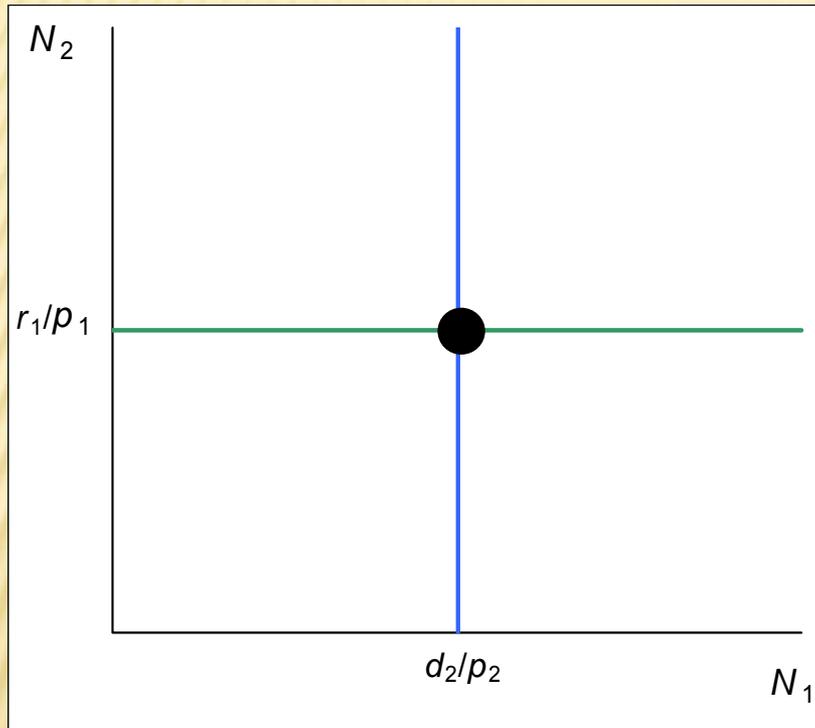
# Исход 1 – равномерные колебания



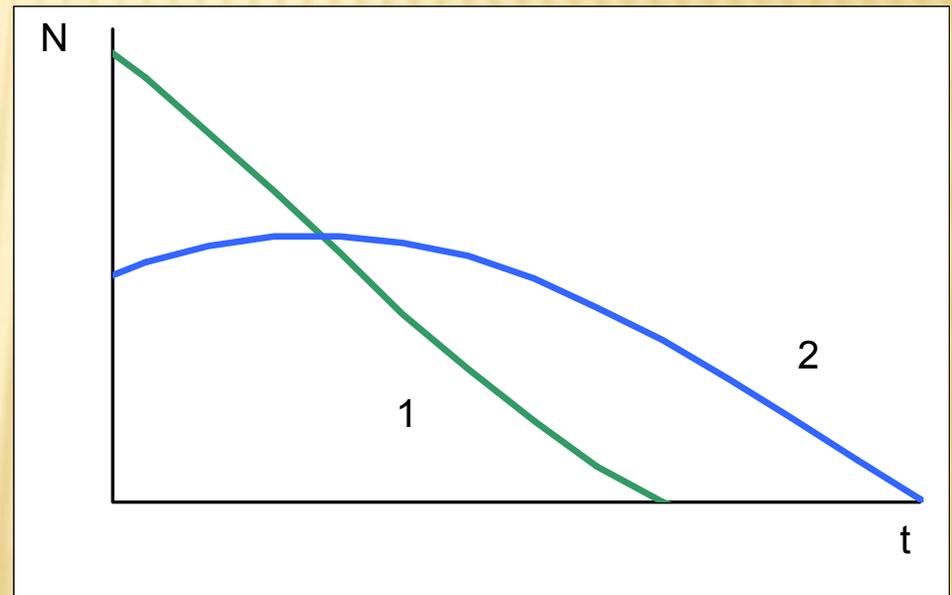
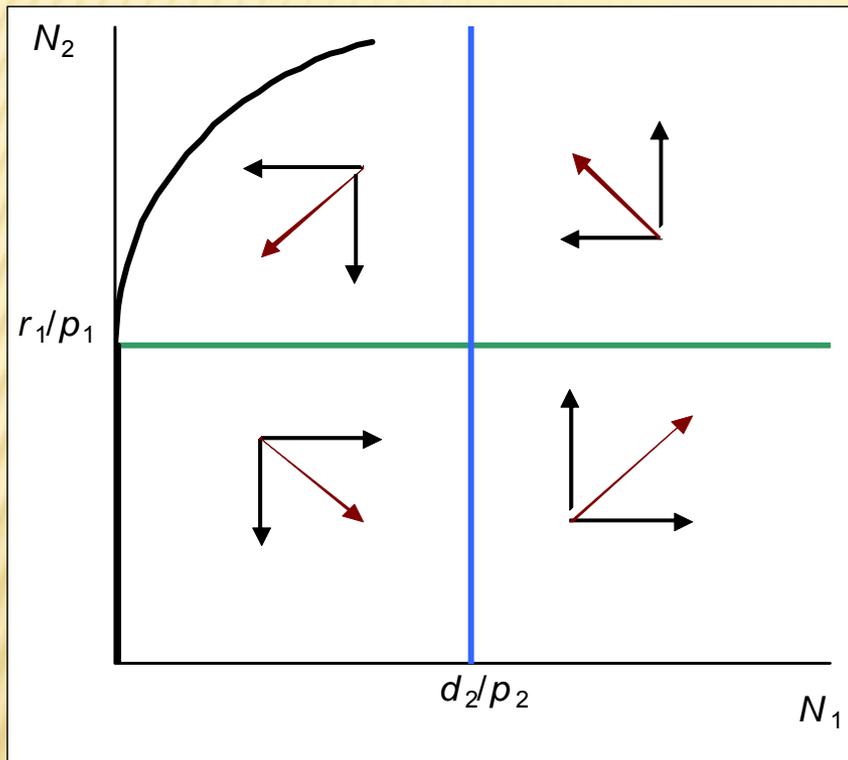
# Исход 1 – равномерные колебания



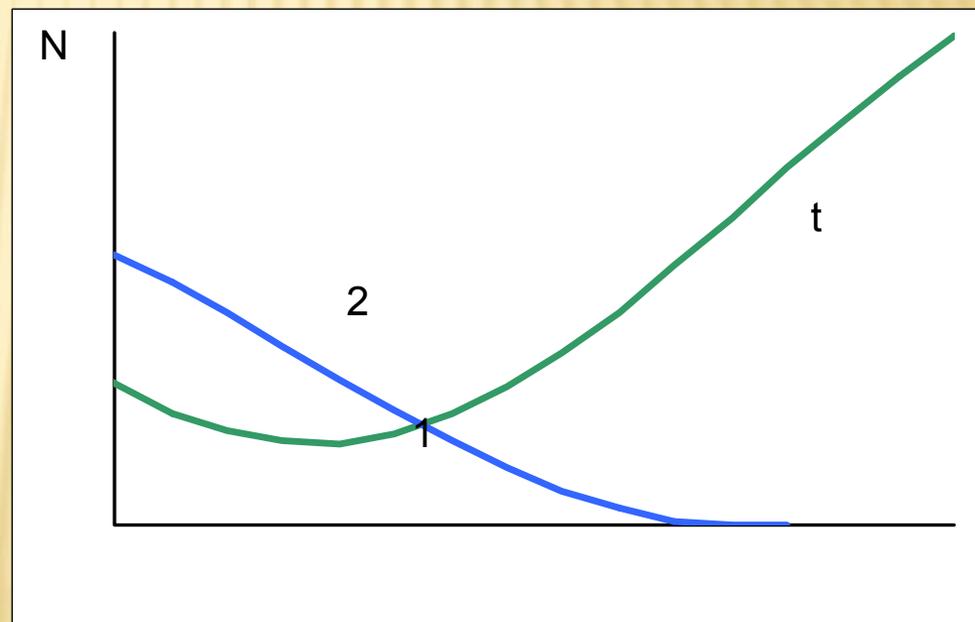
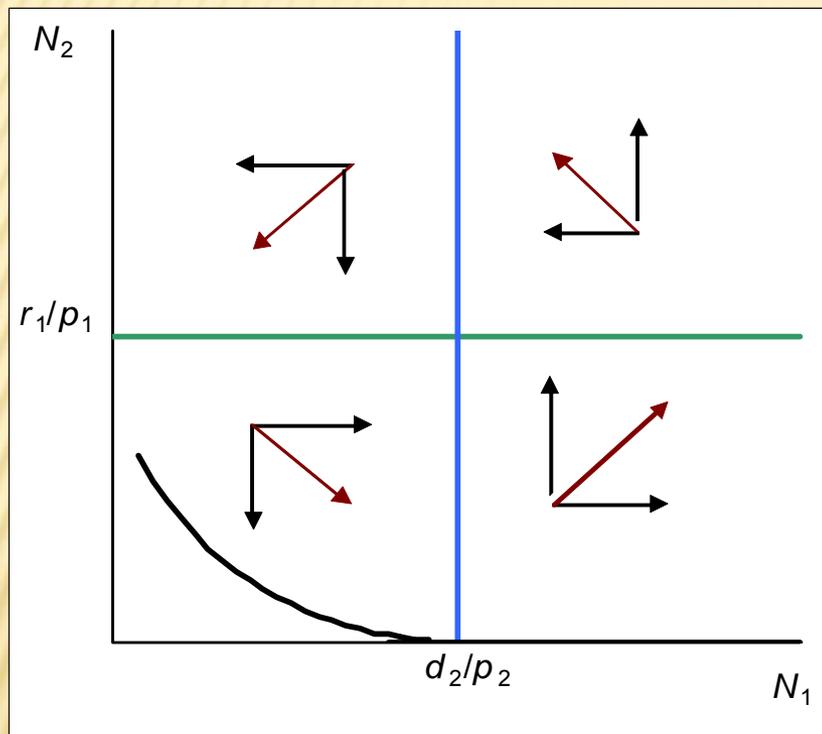
# Исход 2 – постоянные численности



# Исход 3 – эффективный хищник



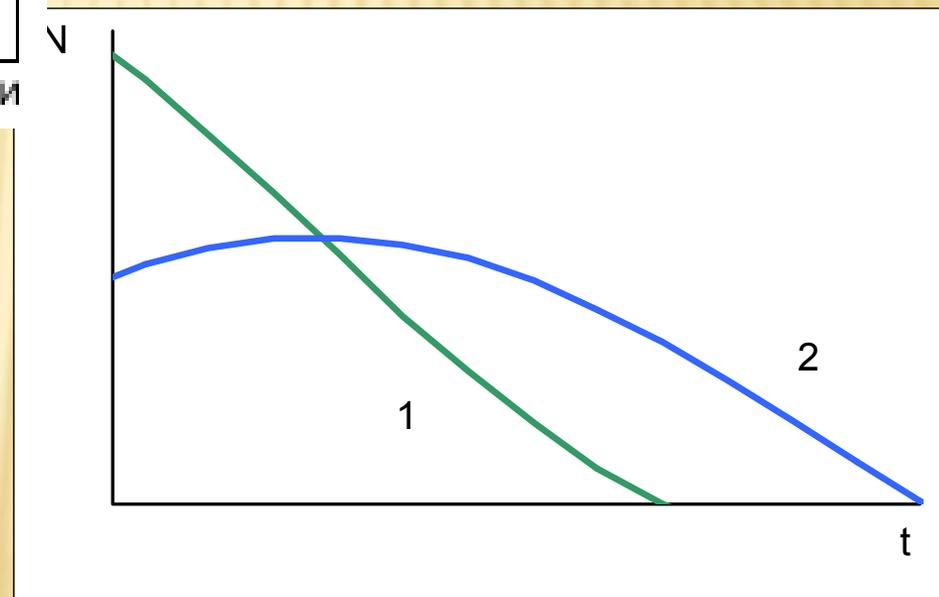
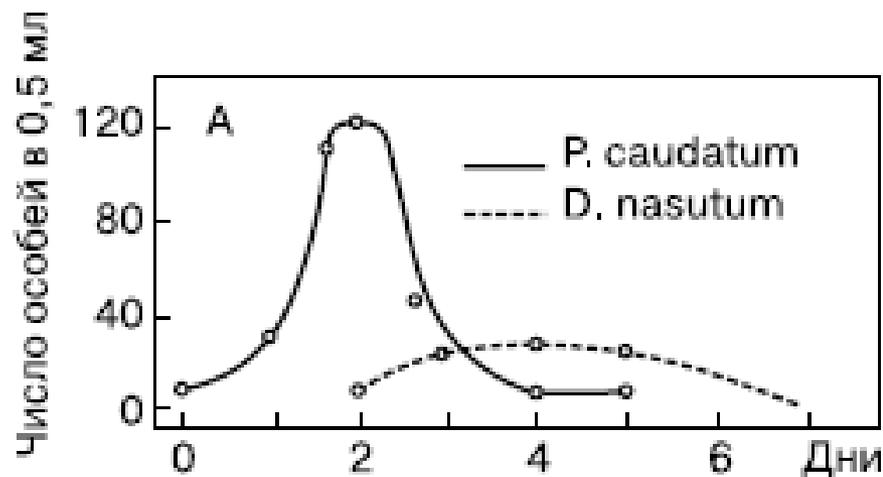
# Исход 4 – неэффективный хищник



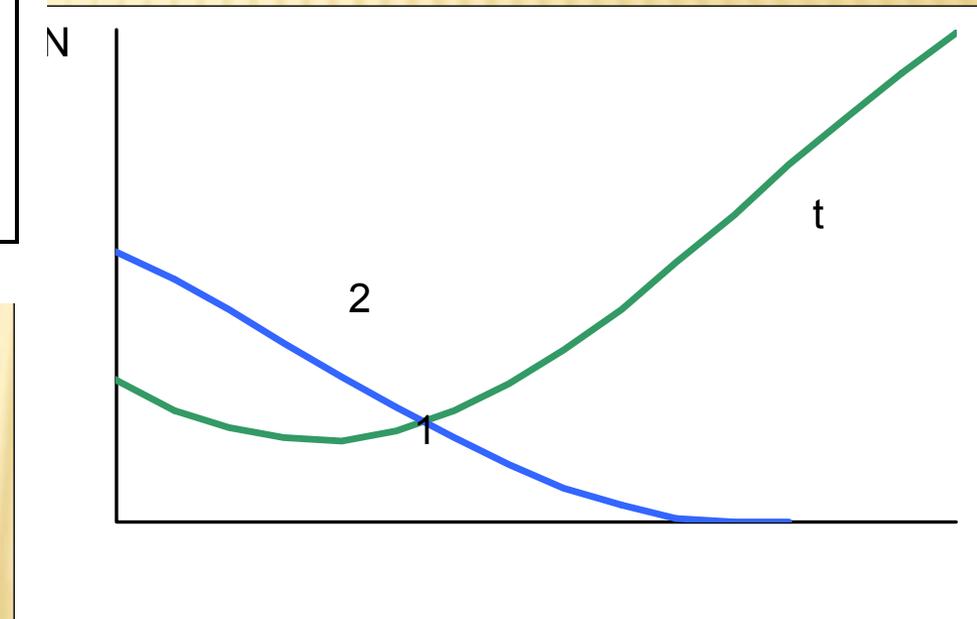
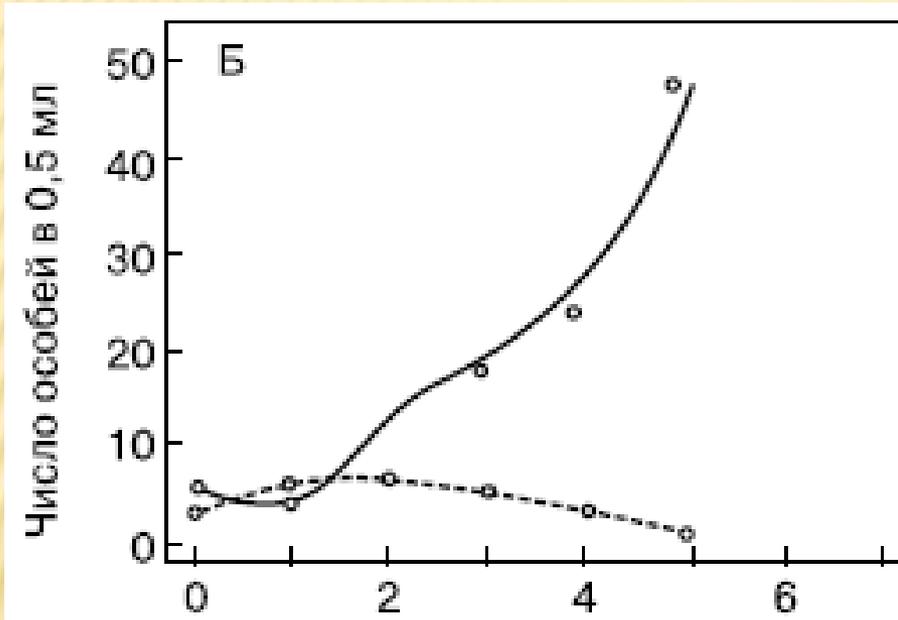
# Опыты Г. Гаузе: туфелька и дидиниум



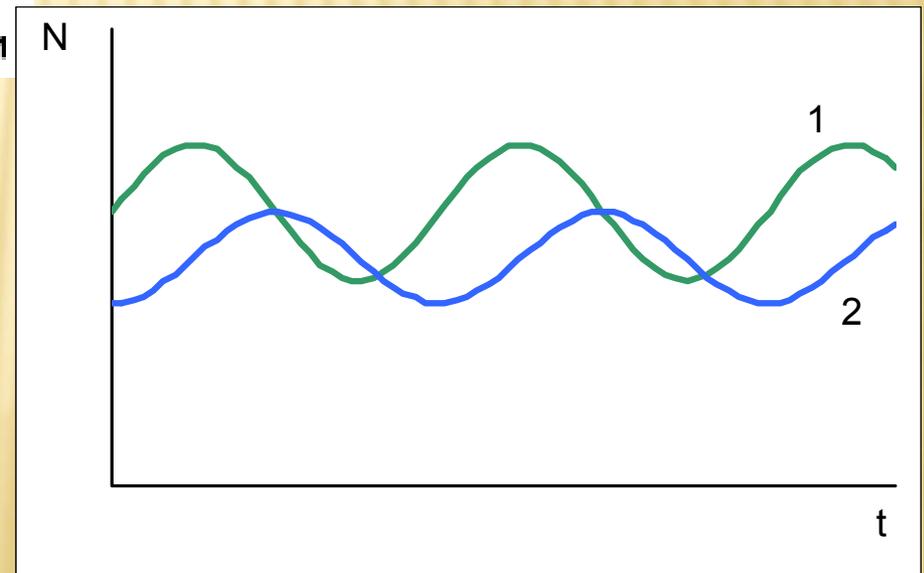
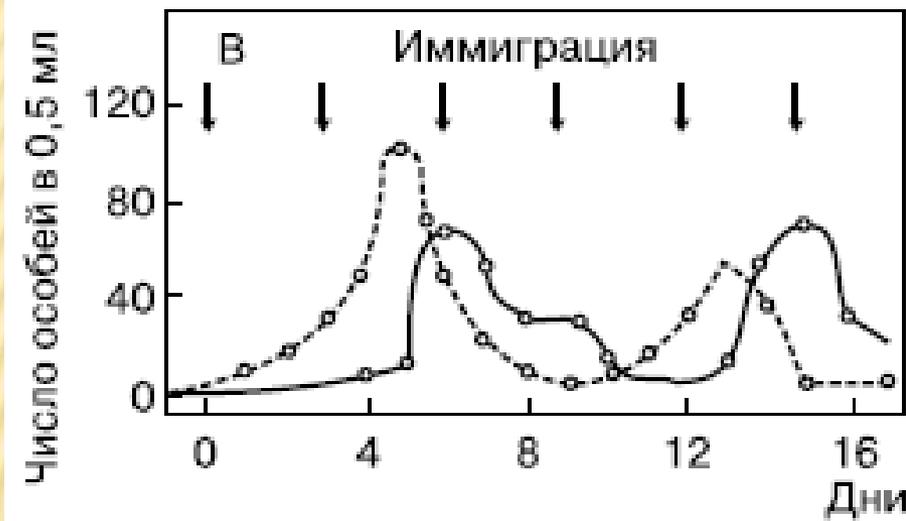
# Опыты Г. Гаузе: туфелька и дидиниум



# Опыты Г. Гаузе: тифелька и дидиниум с добавлением песка



# Опыты Г. Гаузе: туфелька и дидиниум с добавлением туфельки



# Опыты К. Хаффейкера на двух видах клещей (Huffaker, 1958).

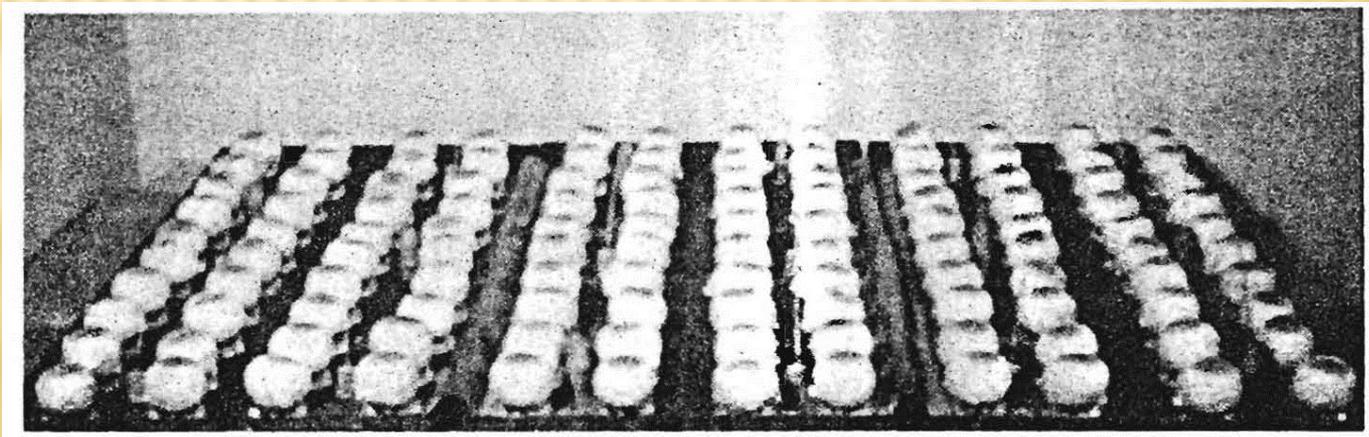
Растительноядный клещ  
*Eotetranychus sexmaculatus*



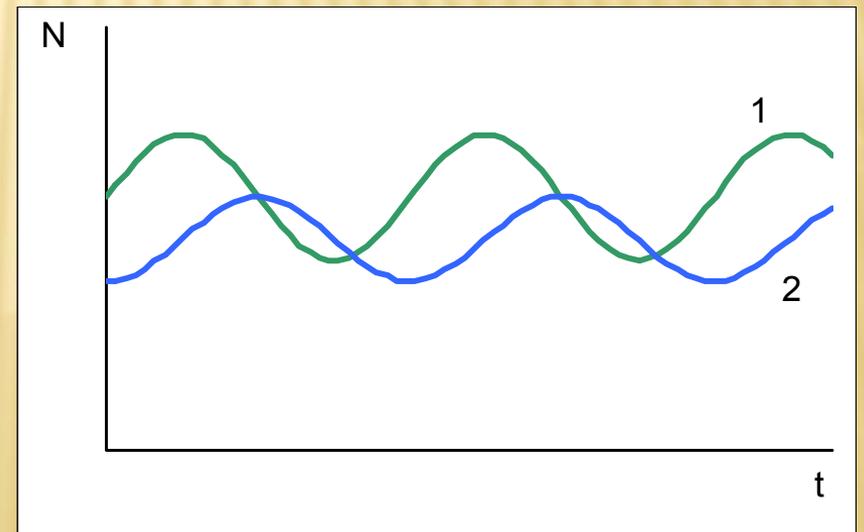
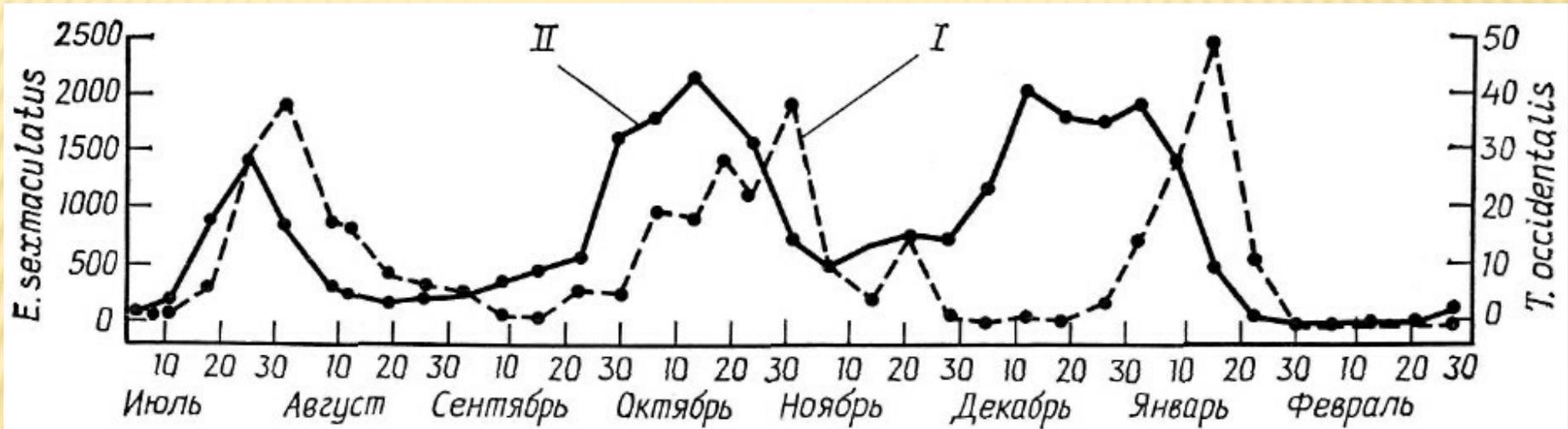
Хищный клещ *Typhlodromus occidentalis*



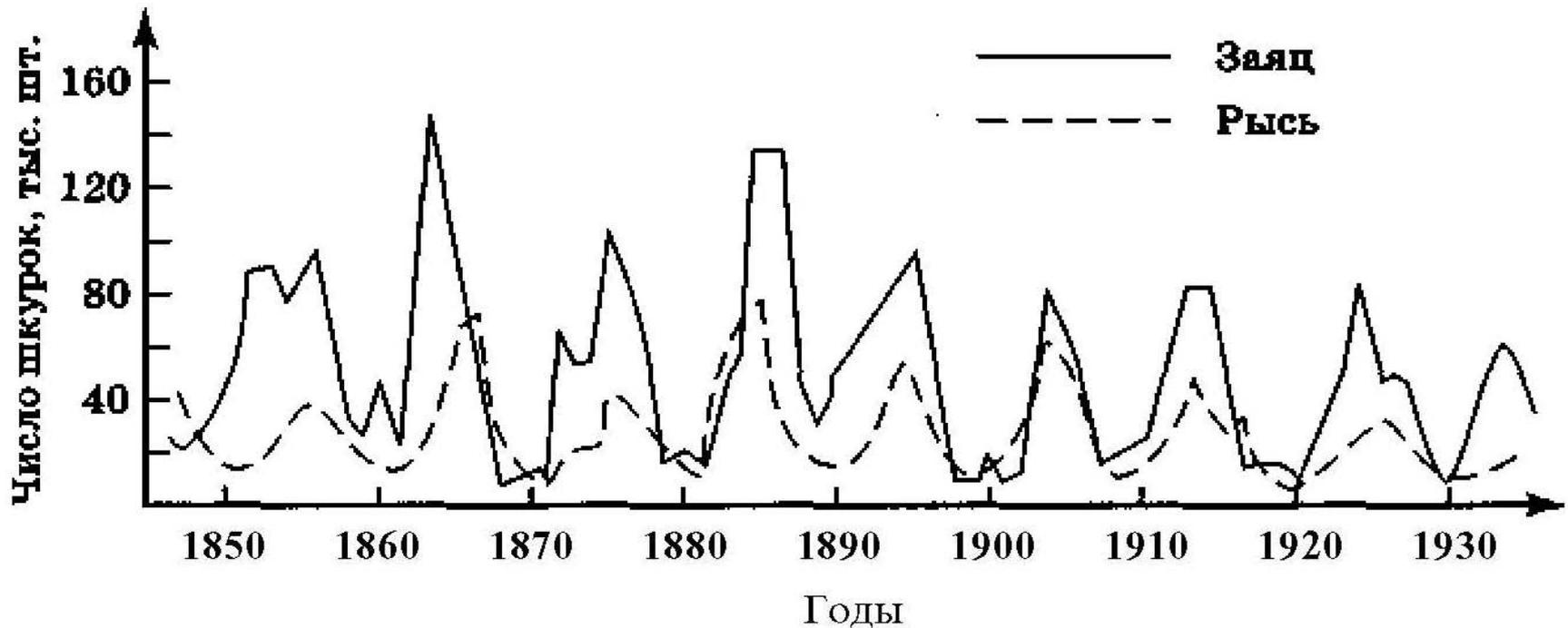
Манипуляции с расположением и преградами между апельсинами,  
являющимися пищей для растительноядного клеща



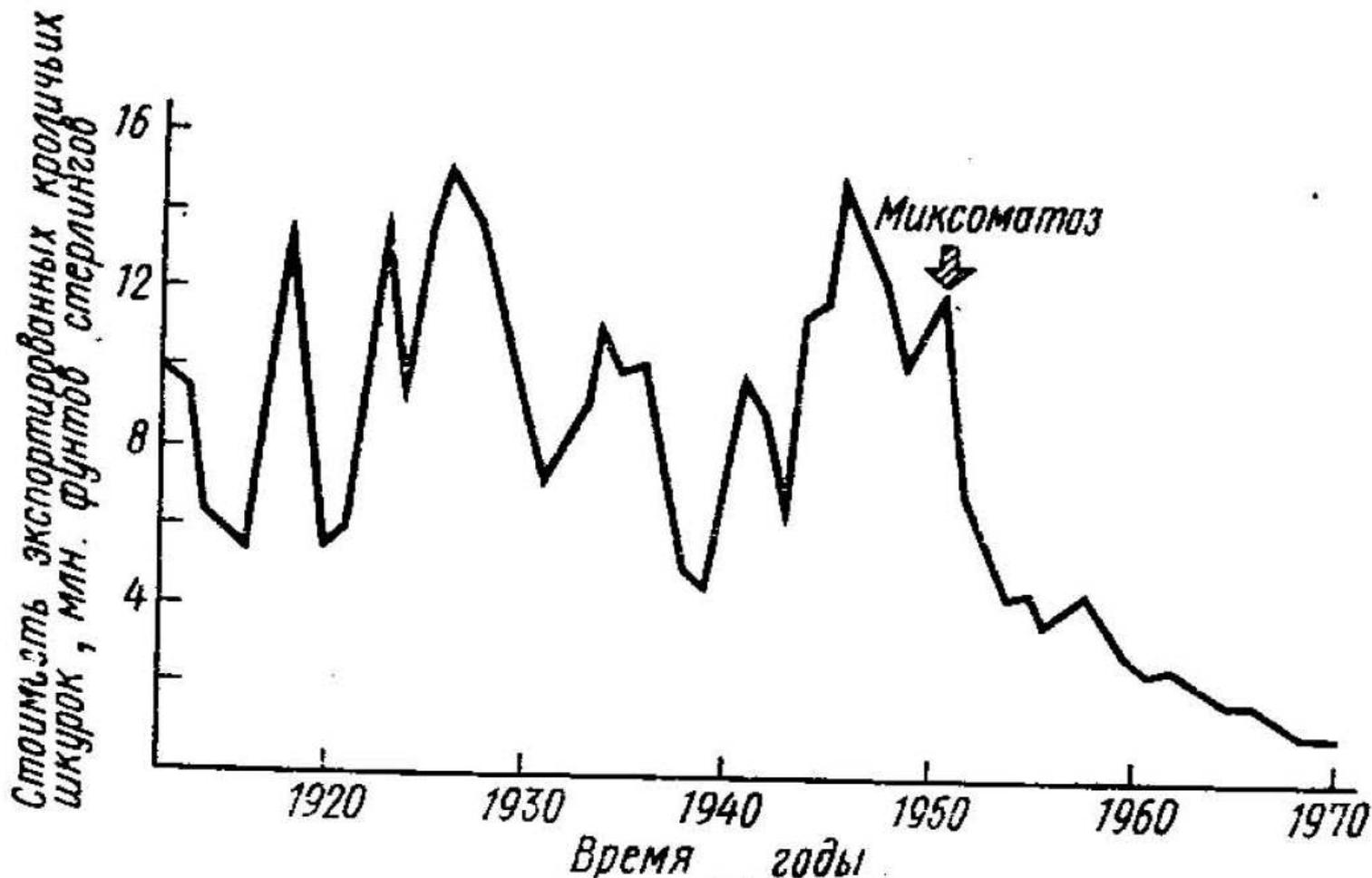
# Опыты К. Хаффейкера на двух видах клещей (1958).



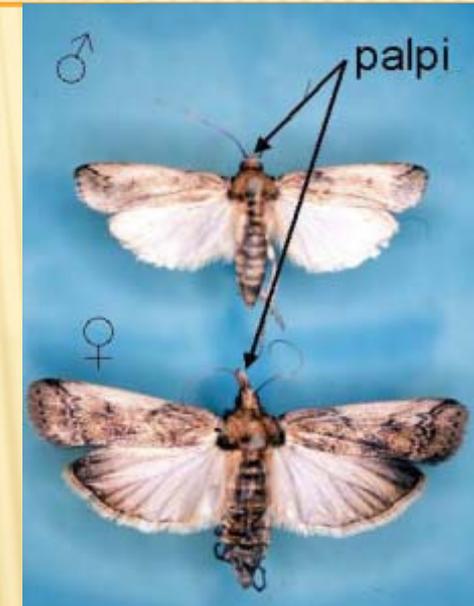
# Колебания в природе: статистика пушной компании Гудзонова залива



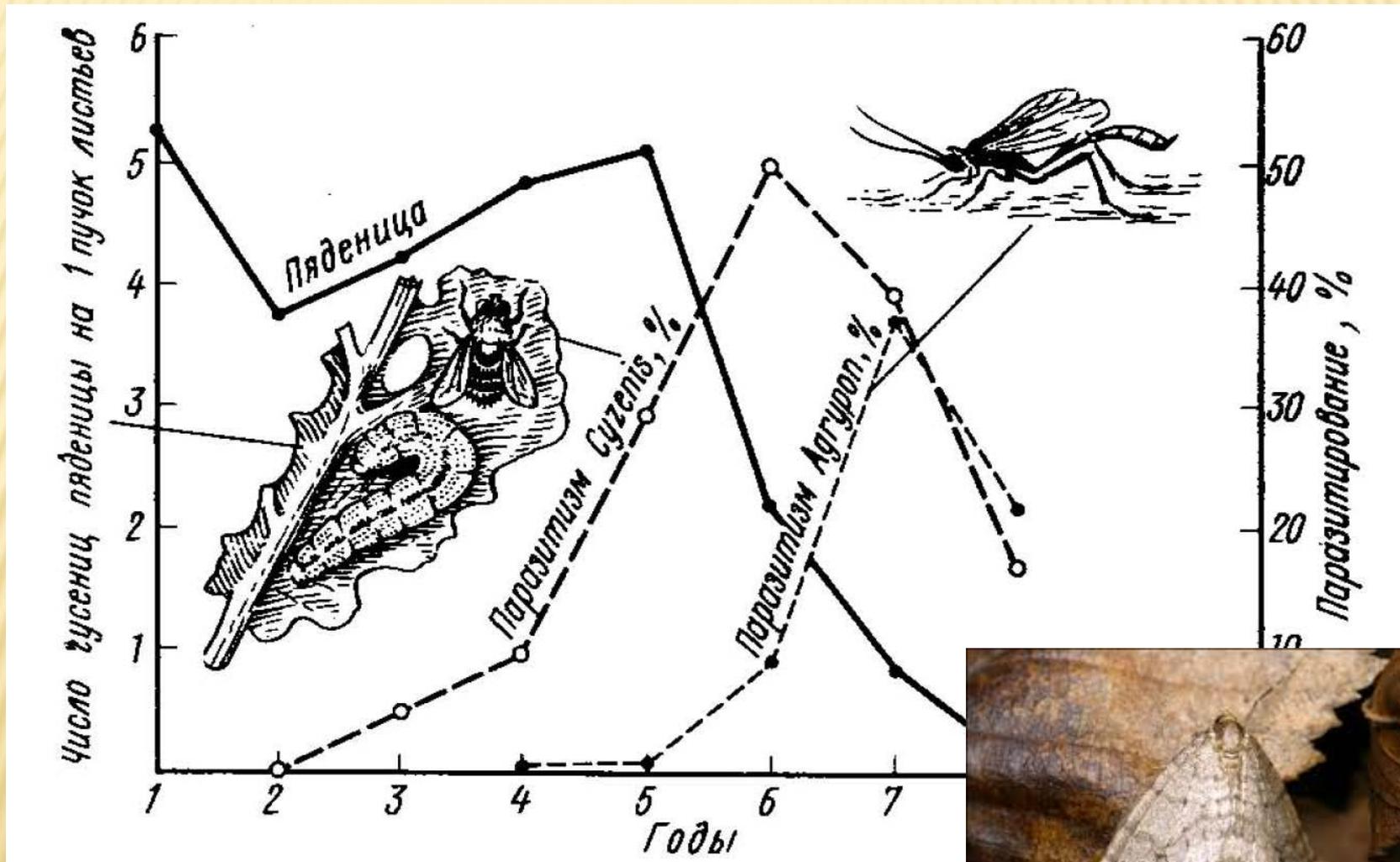
# Биологические методы борьбы с вредителями: поиск эффективного хищника (паразита). Использование миксоматоза для контроля численности кроликов в Австралии.



# Еще один пример из Австралии: кактус опунция и кактусовая огневка



# Использование наездника *Aggruon* и мухи *Syzenis* для контроля численности зимней пяденицы в Канаде



## Неэффективный хищник: около 50% интродукций с целью биологического контроля заканчивается неудачей

- ✘ Известно около 300 видов насекомых и паукообразных, являющихся энтомофагами колорадского жука. Ни один из них не стал эффективным способом контроля жука в Евразии.



Клоп периллюс, уничтожающий самку колорадского жука (имаго)



# Специфика взаимодействия паразит-хозяин

- ✘ Кроме питания, паразит использует тело хозяина как среду обитания.
- ✘ Это приводит к упрощению строения паразита.
- ✘ Паразитами чаще становятся представители просто устроенных групп организмов (прокариоты, протисты, черви, членистоногие).



# Группы паразитов

## ✘ Эктопаразиты и эндопаразиты



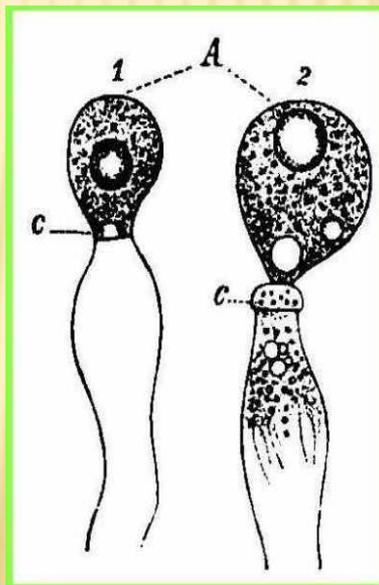
## ✘ Временные и постоянные паразиты



# Контроль численности жертвы

- ✘ Хищники более эффективны при низких уровнях численности жертвы.
- ✘ Паразиты более эффективны при высоких уровнях численности хозяев.

Поражение саранчевых  
энтомофильным грибом  
*Empusa grylli*



# Симбиоз (взаимодействие + +)

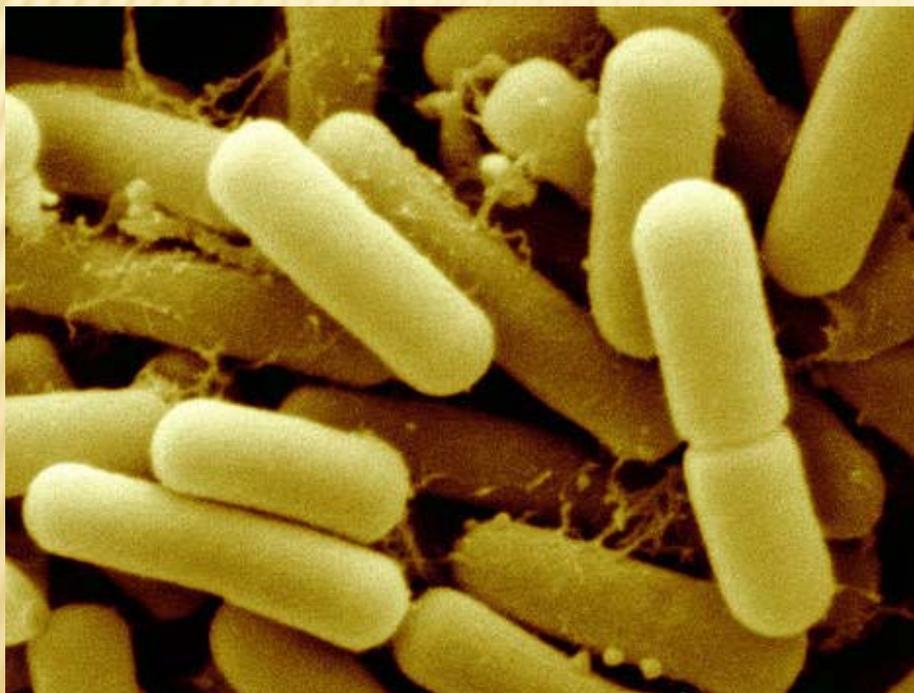
---

- ✘ Облигатный симбиоз (мутуализм)
- ✘ Факультативный симбиоз (протокооперация)

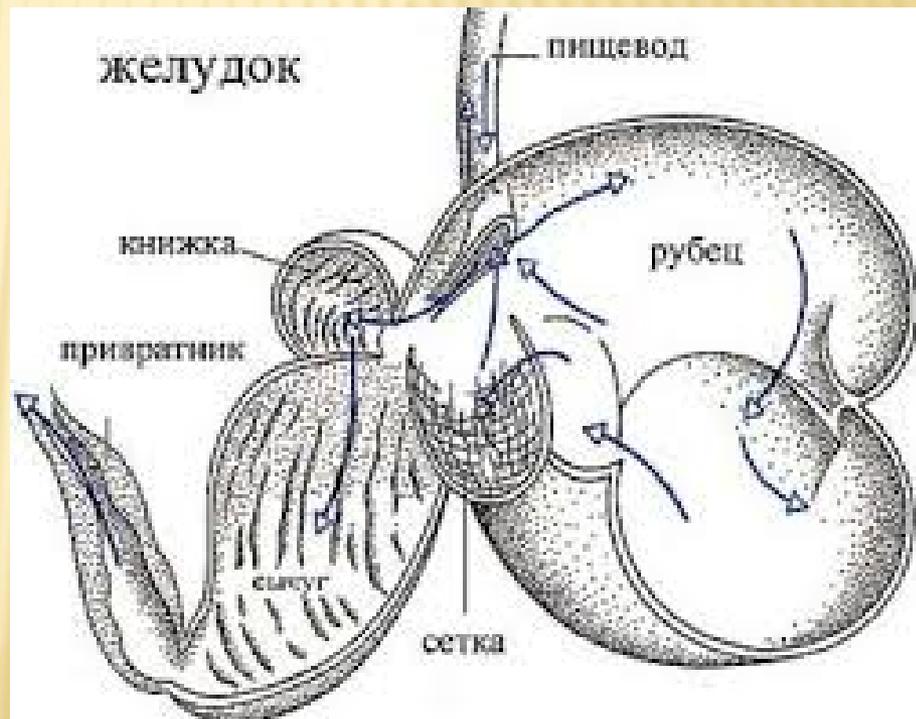


# Животные – кишечная микрофлора

Лактобактерии



Желудок коровы



# Кто «главнее» в организме человека? (По Human microbiome project, 2014)

	Человек	Бактерии-симбионты
Масса, кг	50-100	1.5-2
Число клеток	$10^{14}$	$10^{15}$
Время обновления клеток	15 лет	3 дня
Число активных генов	22 тыс.	8 млн.

# Бобовые и азотфиксирующие бактерии

---

## Клубеньки на корнях фасоли



# Микориза: растения и грибы



# Лишайники: грибы и водоросли

Уснея бородатая  
*Usnea barbata*

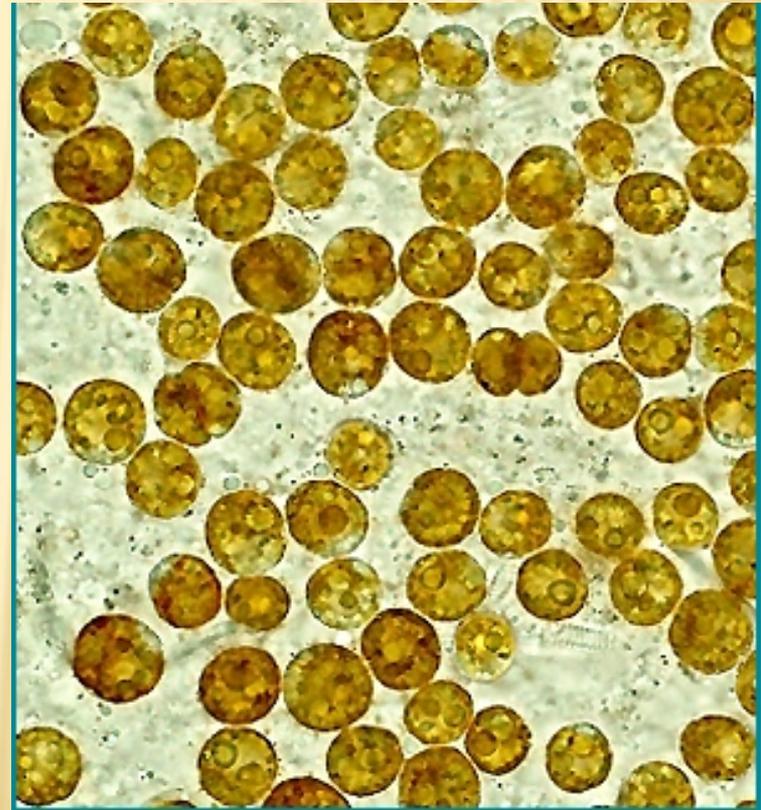


Ягель  
группа видов *Cladonia*



# Рифовые кораллы и зооксантеллы (пирофитовые водоросли)

*Symbiodinium sp.*



# Турбеллярия и зоохлорелла (зеленая водоросль)

*Symsagittifera  
roscoffensis*



*Tetraselmis  
convolutae*



# Комменсализм (взаимодействие + 0)

- ✘ Эпibiоз, эпифития – поселение на поверхности других организмов



# Комменсализм (взаимодействие + 0)

- ✘ Синойкия – использование для поселения жилищ других организмов



Воробьи часто устраивают гнезда в стенках гнезд врановых и хищных птиц.



Более 1000 видов насекомых живут в муравейниках.

# Комменсализм (взаимодействие + 0)

- ✘ Зоохория – распространение семян животными



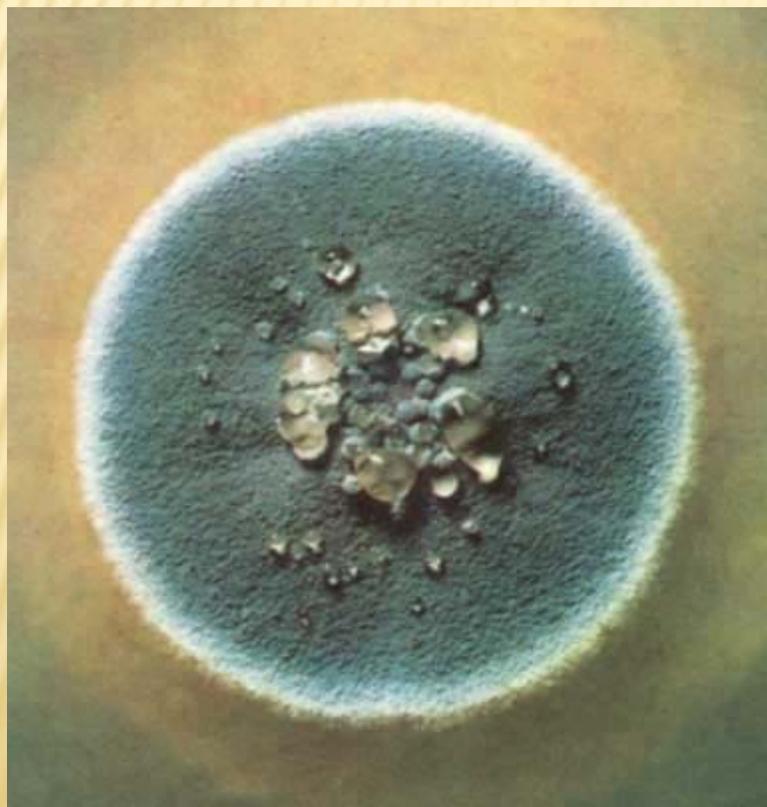
# Комменсализм (взаимодействие + 0)

- ✘ Пример форезии – перемещение клещиков на жуках мертвоедах и могильщиках.
- ✘ Но это скорее симбиоз, так как клещики питаются личинками мух.



# Аменсализм (взаимодействие - 0)

- ✘ Антибиоз – угнетение организмов за счет интоксикации среды другими организмами



Плесневый гриб *Penicillium* выделяет пенициллин, токсично действующий на бактерии.

На самом деле, это пример конкуренции (интерференция).

# Аменсализм (взаимодействие - 0)



При массовом размножении цианобактерии выделяют токсины, ядовитые для рыб, птиц и млекопитающих, в том числе для человека.



# Аменсализм (взаимодействие - 0)

## ✘ Отрицательная средообразующая роль



Ельник  
мертвопокровный  
– низкое  
содержание  
биогенных  
элементов в  
верхних слоях  
почвы

## Аменсализм и комменсализм в одном примере

---

- ✘ Сопровождение малой белой цаплей пасущихся стад с целью поедания распугиваемых насекомых



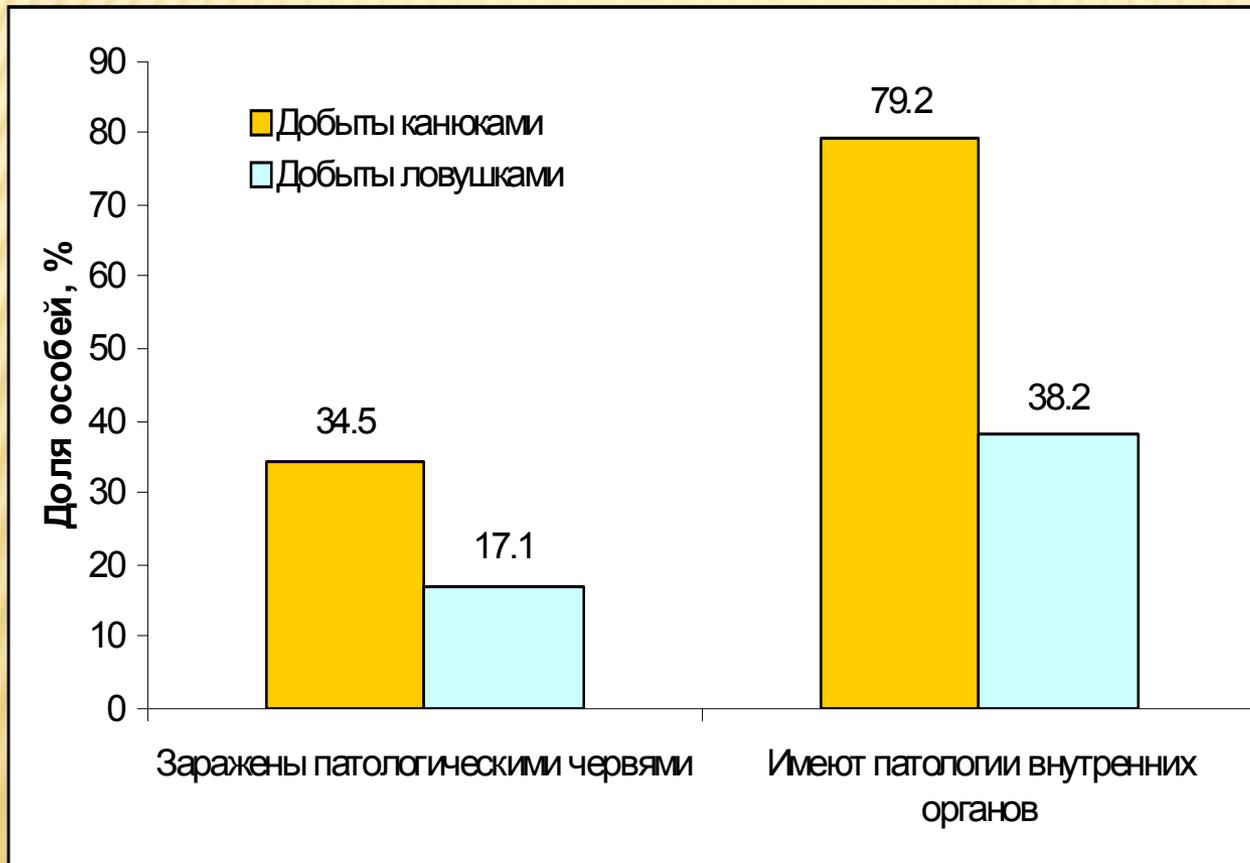
# Нейтрализм (0 0) – отсутствие очевидных взаимодействий

✘ Пример – белки и лоси



# Взаимодействие хищник-жертва может подавлять роль взаимодействия паразит-хозяин

Доля больных полевок среди (*Microtus arvalis*) среди добытых канюками (*Buteo buteo*) и при сборе ловушками



# Хищная морская звезда поддерживает повышенное разнообразие обрастателей на скалистой литорали побережья США (Paine, 1966)

*Pisaster ochraceus*



*Mytilus californianus*



*Katherina tunicata*



*Balanus glandula*



Взаимодействие фитофаг-растение может приводить к активизации круговорота биогенных элементов, повышая продуктивность растений

Плейстоценовый парк (Якутия, окрестности пос. Черский) – попытка воссоздания тундростепей за счет интродукции сохранившихся видов мамонтового комплекса (зубр, овцебык, якутская лошадь)



# Симбиотическое взаимодействие плодоядных животных и плодовых растений



# Семеноядные виды часто способствуют распространению семян

Сибирский кедр размножается и расселяется из тайников, устраиваемых белками и кедровками



# Симбиоз цветковых растений и насекомых-опылителей

