

## Взаимодействие видов в экологических системах

Типы межвидовых биотических  
отношений:  
нейтрализм,  
аменсализм,  
комменсализм,  
конкуренция,  
мутуализм,  
жертва-эксплуататор

Классификация межвидовых биологических отношений  
в зависимости от влияния численности каждого  
из видов пары на скорость изменения численности другого\*

№	Тип взаимодействия	Влияние	
		первого вида на второй	второго вида на первый
1	нейтрализм	0	0
2	амменсализм	-	0
3	комменсализм	+	0
4	конкуренция	-	-
5	жертва — эксплуататор	+	-
6	мутуализм	+	+

\* «+» — увеличение (уменьшение) численности одного вызывает увеличение (уменьшение) численности другого; «0» — отсутствие влияния; «-» — увеличение (уменьшение) численности одного вызывает уменьшение (увеличение) численности другого.

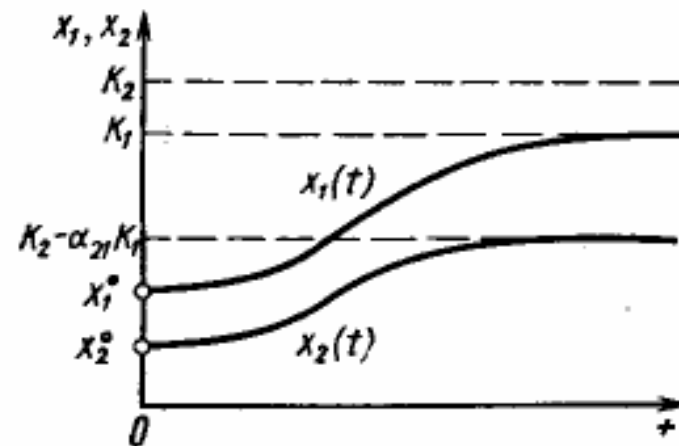
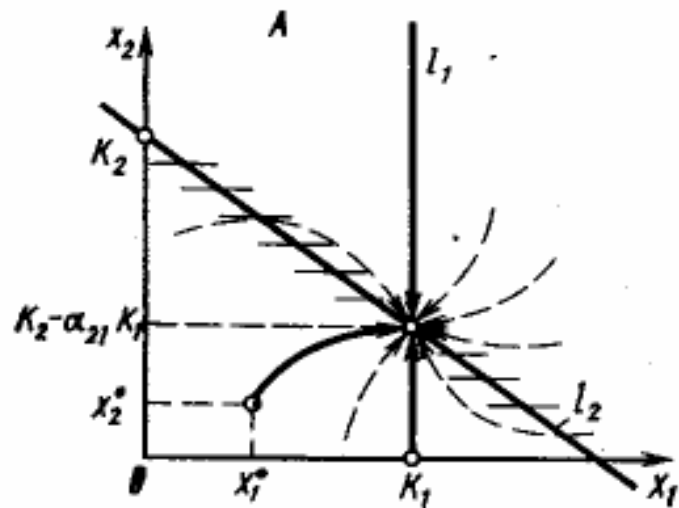
## Аменсализм

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= f_1(x_1) \\ \frac{dx_2}{dt} &= f_2(x_2) \end{aligned} \right\}$$

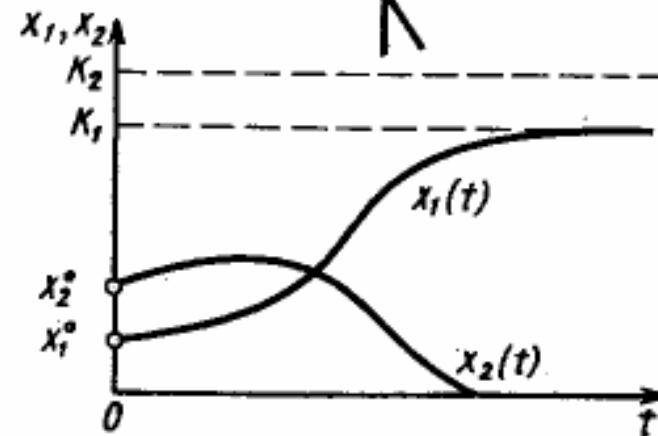
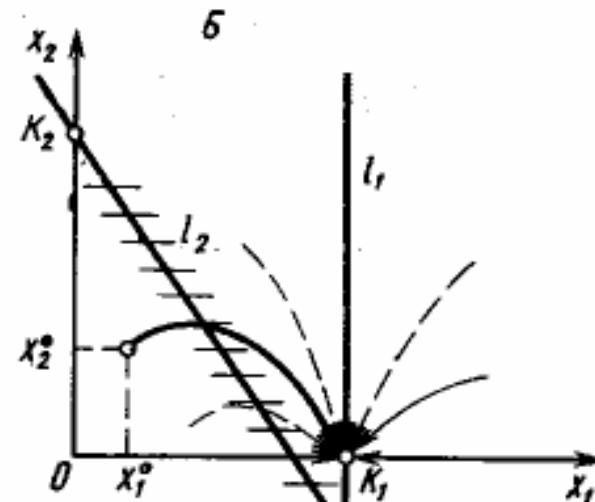
$$f_j(x_j) = r_j x_j \left( 1 - \frac{x_j}{K_j} \right)$$

$$K_2(x_1) = K_2 - a_{21}x_1$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= r_1 x_1 \left( 1 - \frac{x_1}{K_1} \right) \\ \frac{dx_2}{dt} &= r_2 x_2 \left( 1 - \frac{x_2}{K_2 - a_{21}x_1} \right) \end{aligned} \right\}$$



**Слабое  
ингибирование**



**Сильное  
ингибирование**

## Комменсализм

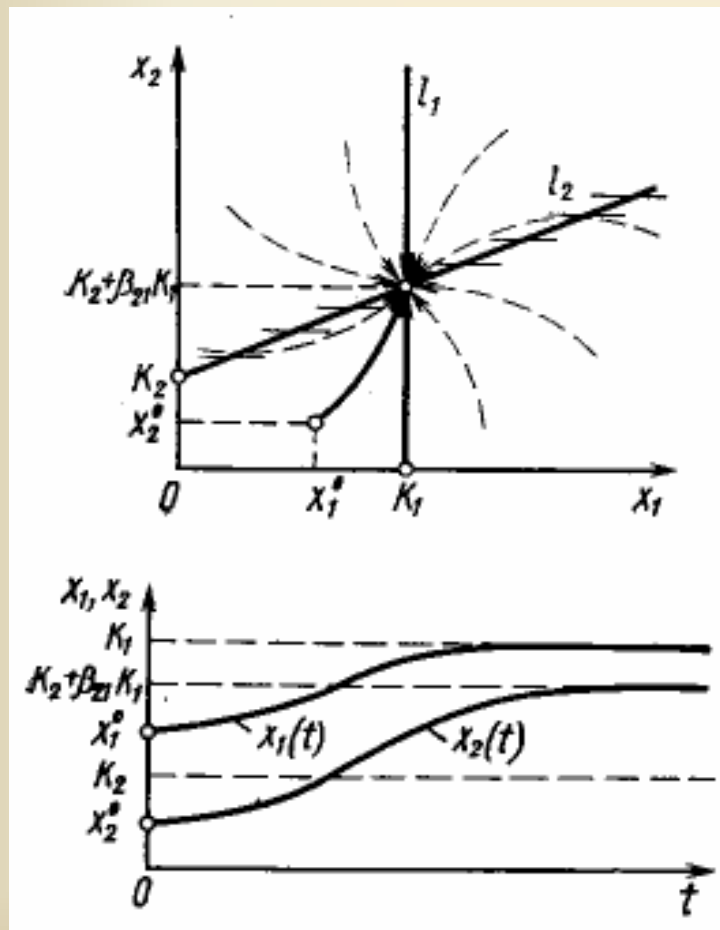
Явление комменсализма встречается преимущественно среди животных, для которых этот термин и был впервые введен ван Бенеденом (Van Beneden, 1876), и микроорганизмов. Растения, будучи автотрофами, выступают преимущественно в качестве хозяев. Например, существенную роль в круговороте органического вещества играют микроорганизмы, живущие на поверхности листьев (в филлосфере) и в прикорневой зоне (в ризосфере) растений и перерабатывающие их прижизненные выделения. Те из микроорганизмов, которые не оказывают положительного влияния на растение-хозяина (например, снабжают его азотом или нейтрализуют токсичные продукты его метаболизма), могут рассматриваться как комменсалы.

Многочисленны случаи комменсализма между животными разных видов. Например, у льва — наиболее крупного хищника в экосистеме африканской саванны — имеется целый ряд комменсалов: гиены, шакалы, птицы-падальщики и другие, питающиеся объедками, которые оставляет этот хищник. В норах млекопитающих, гнездах птиц, в муравейниках, в жилищах других животных обитает множество сожителей, извлекающих из этого соседства большую выгоду, но нейтральных по отношению к хозяевам. Встречаются комменсалы, живущие на наружных покровах своих хозяев, в особенности в водной среде — на рыбах, моллюсках и др., или обитающие в их внутренних полостях, причем в последнем случае комменсализм нередко приближается к паразитизму или мутуализму.

Наконец, среди комменсалов животных заметное место занимают микроорганизмы, главным образом бактерии, обитающие на коже, в пищеварительном тракте и т. д.

$$K_2(x_1) = K_2 + \beta_{21}x_1$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= r_1 x_1 \left( 1 - \frac{x_1}{K_1} \right), \\ \frac{dx_2}{dt} &= r_2 x_2 \left( 1 - \frac{x_2}{K_2 + \beta_{21}x_1} \right). \end{aligned} \right\}$$



**Единственное  
стационарное  
состояние**

Конкуренция

Соперничество

Антагонизм

Агрессия

Модель Лоттки-Вольтерра

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= r_1 x_1 \left( 1 - \frac{x_1}{K_1} - \frac{\alpha_{12} x_2}{K_1} \right) \\ \frac{dx_2}{dt} &= r_2 x_2 \left( 1 - \frac{x_2}{K_2} - \frac{\alpha_{21} x_1}{K_2} \right) \end{aligned} \right\}$$

$$l_1(x_1, x_2) = K_1 - x_1 - \alpha_{12}x_2.$$

$$l_2(x_1, x_2) = K_2 - x_2 - \alpha_{21}x_1.$$

$$l_1(x_1, x_2) = K_1 - x_1 - \alpha_{12}x_2 = 0 \quad \left( \text{для } \frac{dx_1}{dt} = 0 \right)$$

$$l_2(x_1, x_2) = K_2 - x_2 - \alpha_{21}x_1 = 0 \quad \left( \text{для } \frac{dx_2}{dt} = 0 \right)$$



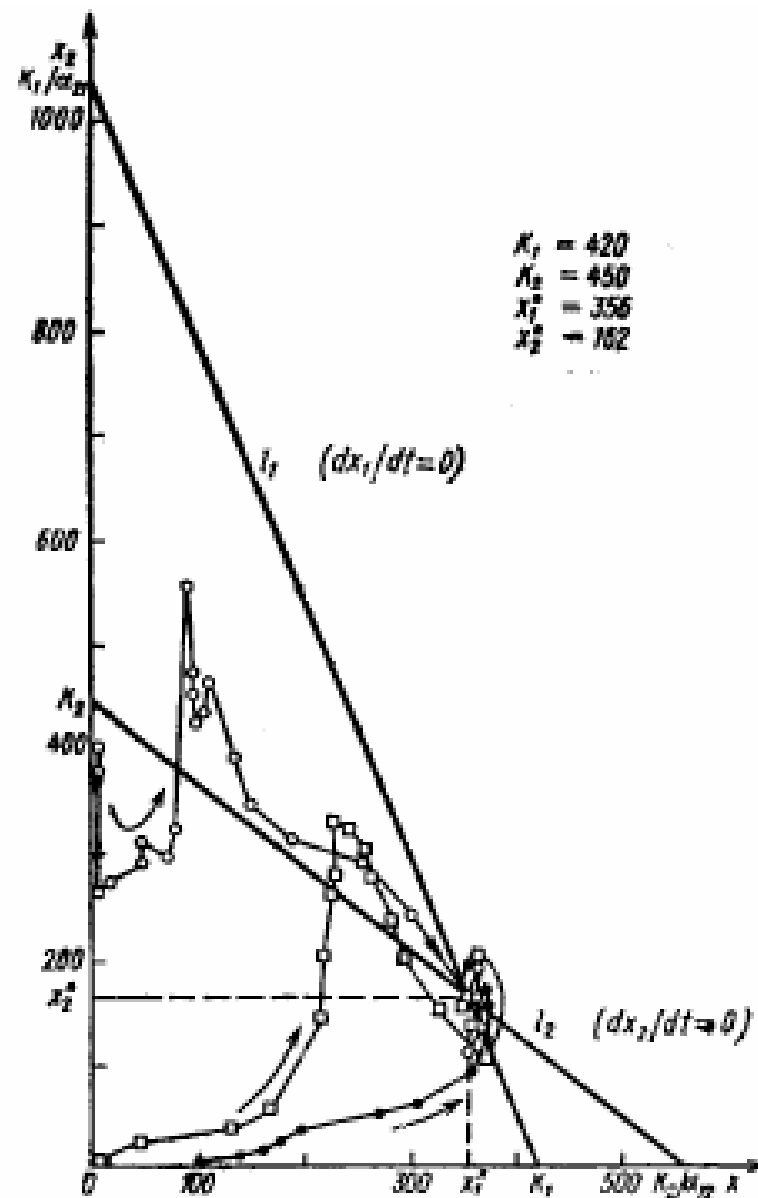
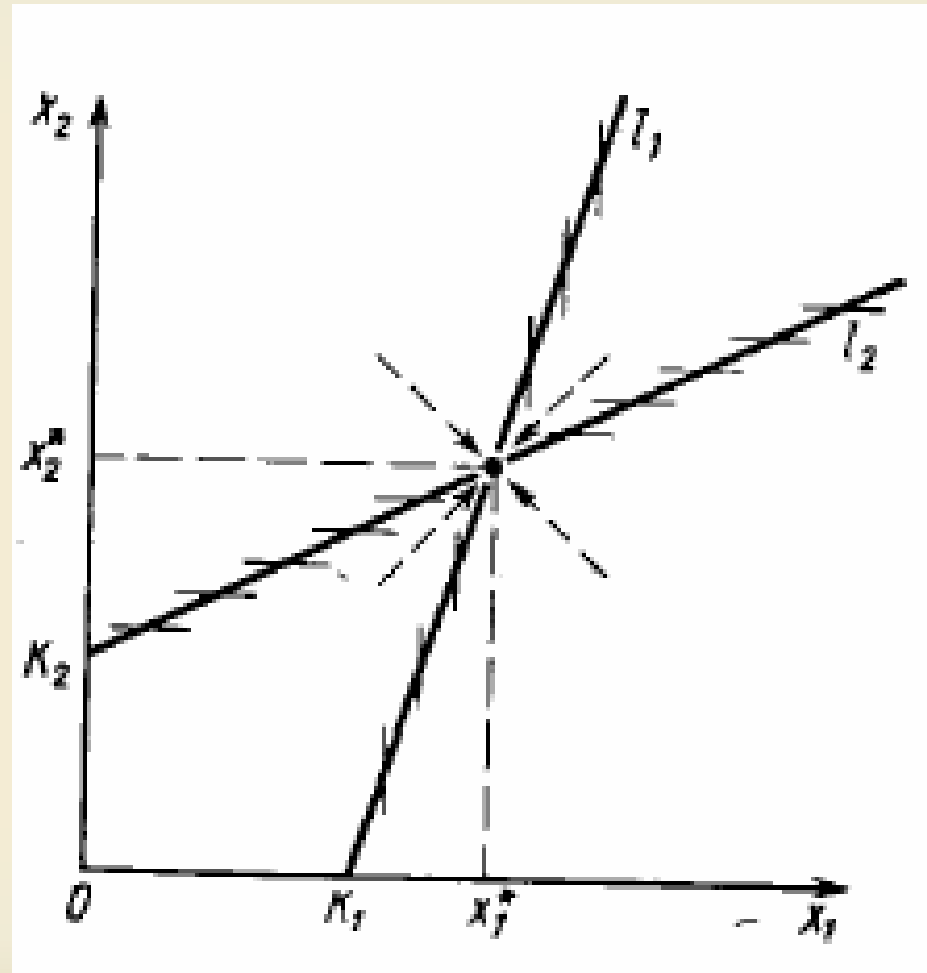


Рис. IX.12. Конкурентное равновесие между малым мучным хрущакom *Tribolium confusum* и сурьямским мукоедом *Sitona viridula*. Из таких разных начальных состояний  $(x_1^0, x_2^0)$ , как (4), и (4,100) или (400,4), система неизменно приходит в стационарное состояние  $(x_1^*, x_2^*) = (356, 182)$ . Траектории движения напоминают теоретические кривые рис. IX.7. В (по Stomba, 1946)

## Мутуализм



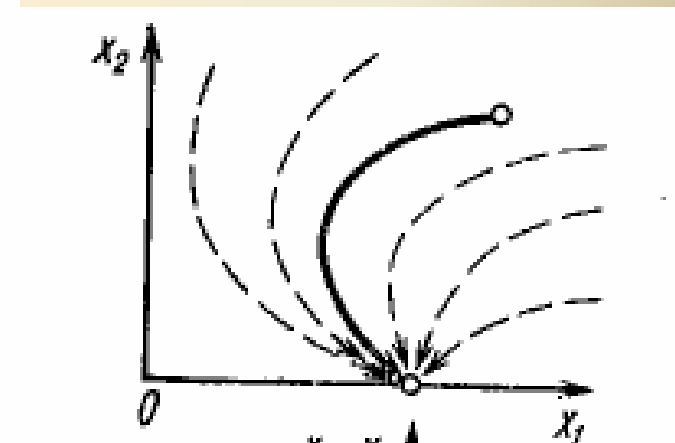
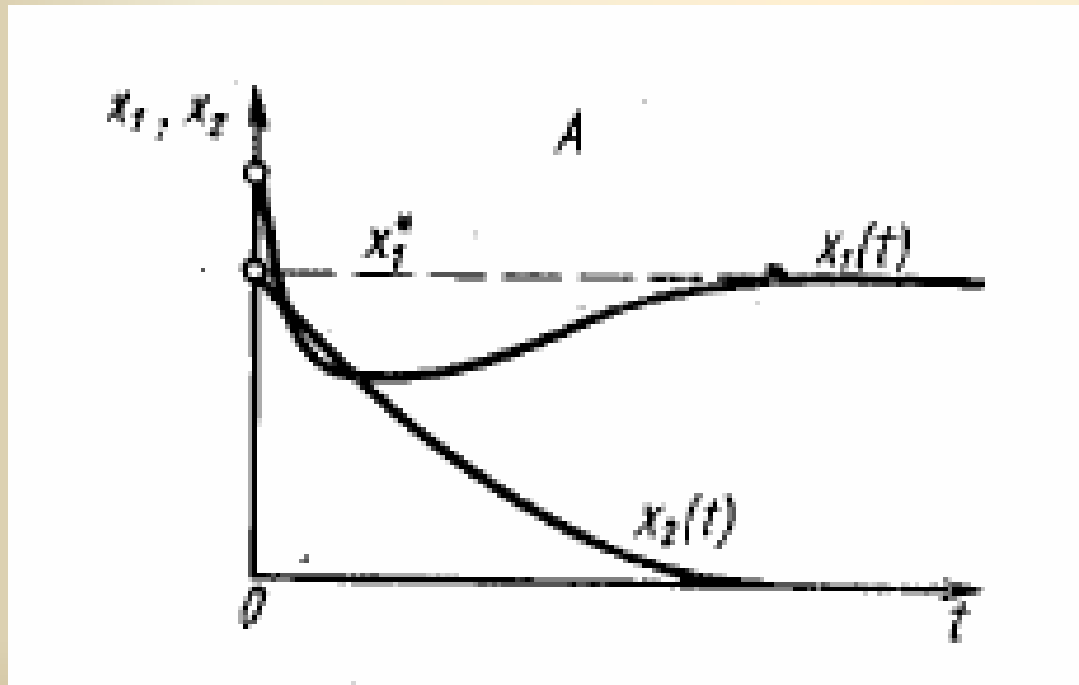
Жертва – эксплуататор:

- Хищник – жертва

- Паразитизм

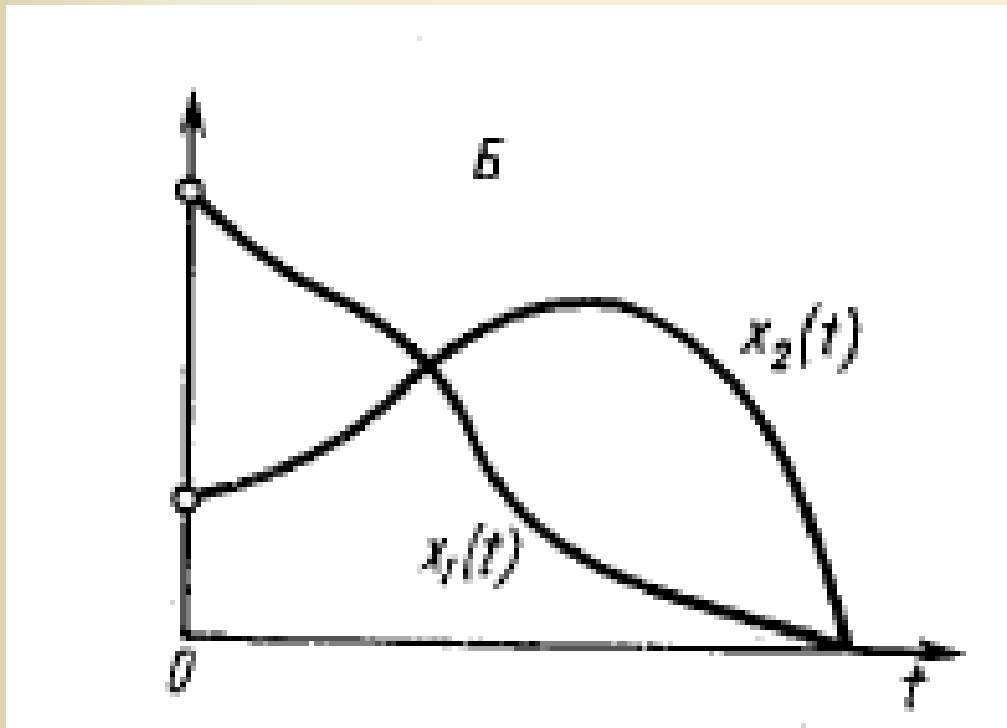
$x_1$  – жертва,  $x_2$  – эксплуататор

А. Неэффективный эксплуататор – ускользящая жертва



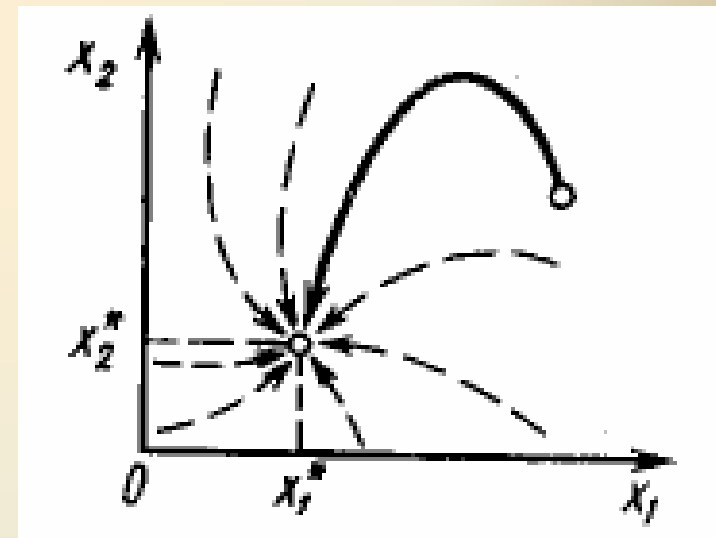
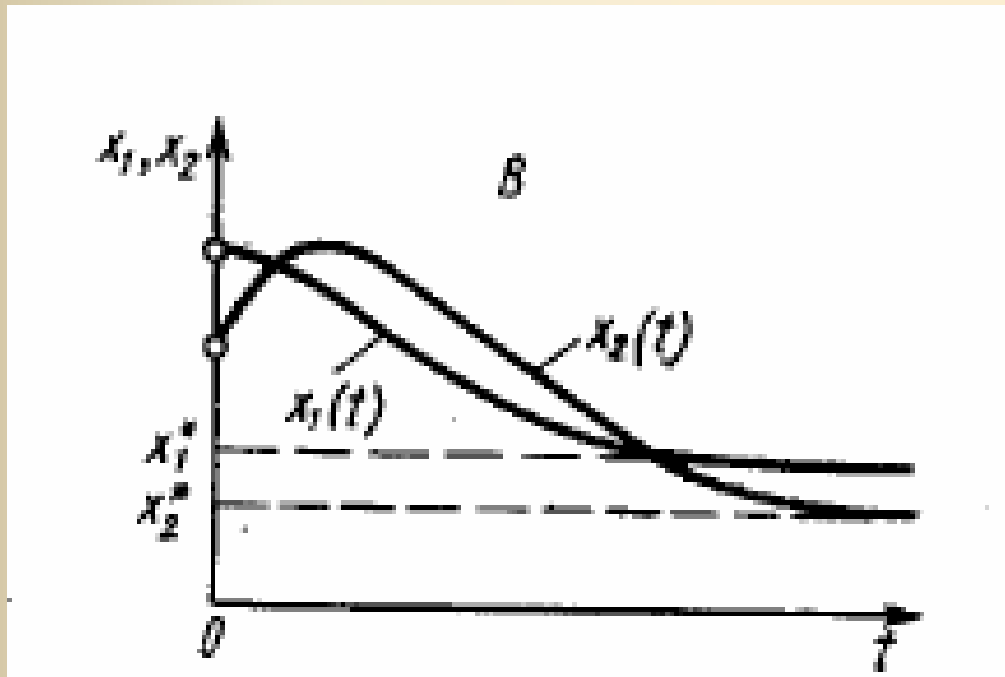
## Жертва - эксплуататор

Б. Излишне эффективный эксплуататор (волк в овчарне, козел в огороде)



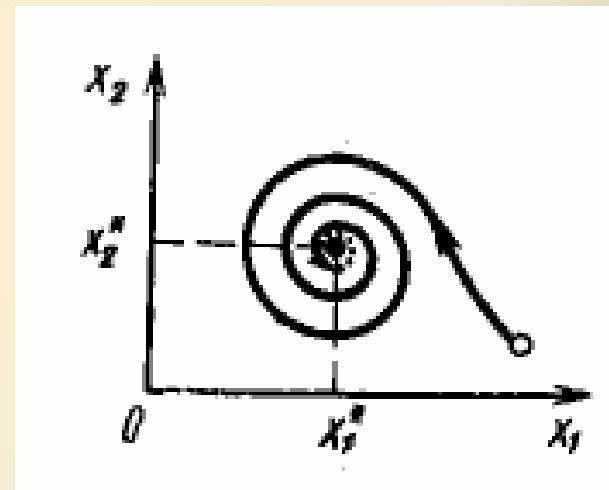
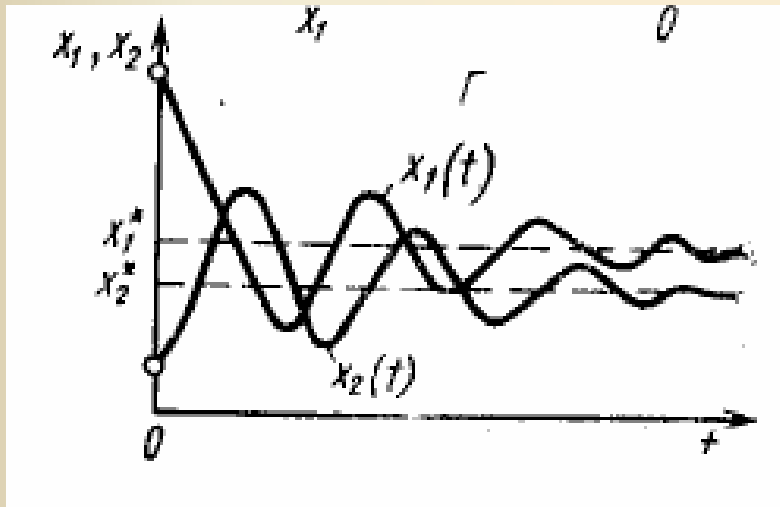
## Жертва - эксплуататор

В. Единственное стационарное состояние, переход без колебаний



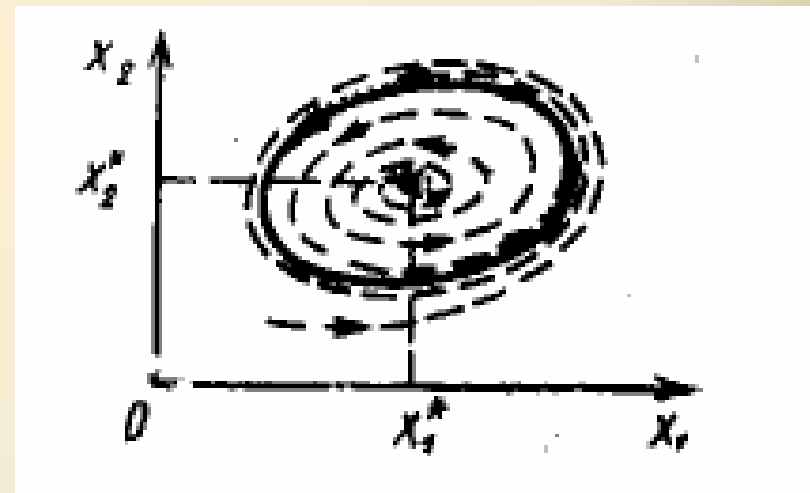
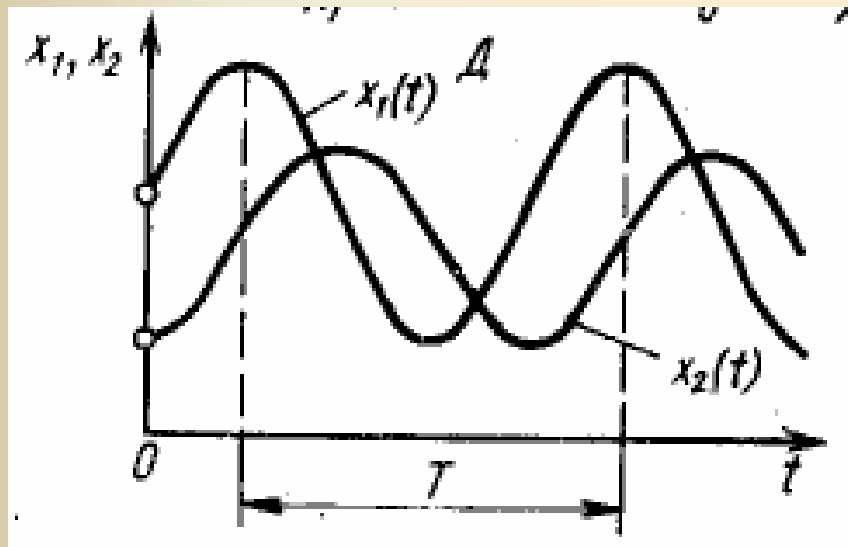
## Жертва - эксплуататор

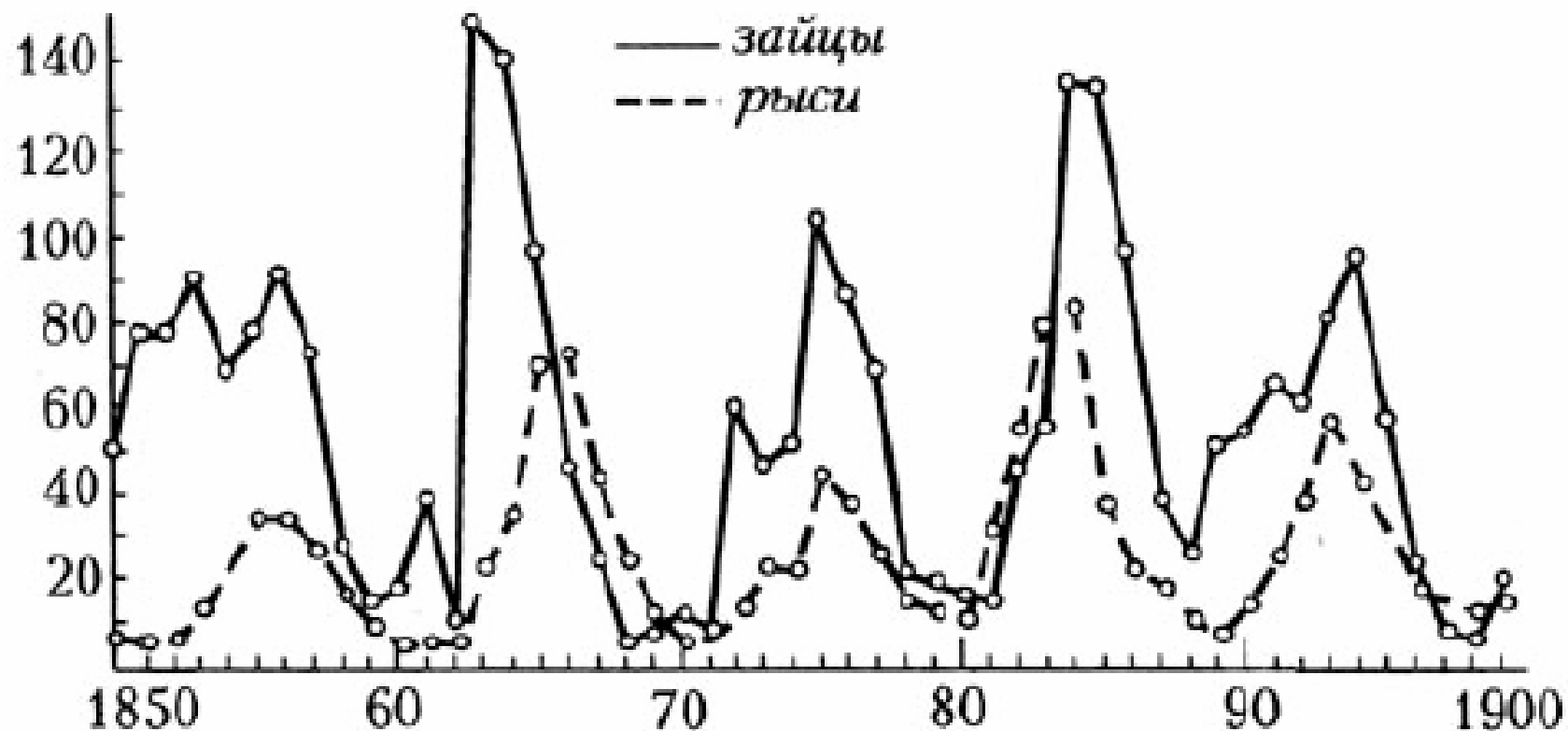
Г. Единственное стационарное состояние, переход в режиме с затухающими колебаниями



## Жертва - эксплуататор

### Д. Устойчивые колебания численности жертвы и эксплуататора





Данные промысла зайца (сплошная кривая) и рыси (пунктирная) в Гудзоновом заливе в течение второй половины XIX века



$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= f_1(x_1, x_2) \\ \frac{dx_2}{dt} &= f_2(x_1, x_2) \end{aligned} \right\}$$

$\frac{\partial f_2}{\partial x_1} > 0$  (жертва способствует размножению эксплуататора),

$\frac{\partial f_1}{\partial x_2} < 0$  (эксплуататор препятствует размножению жертвы).

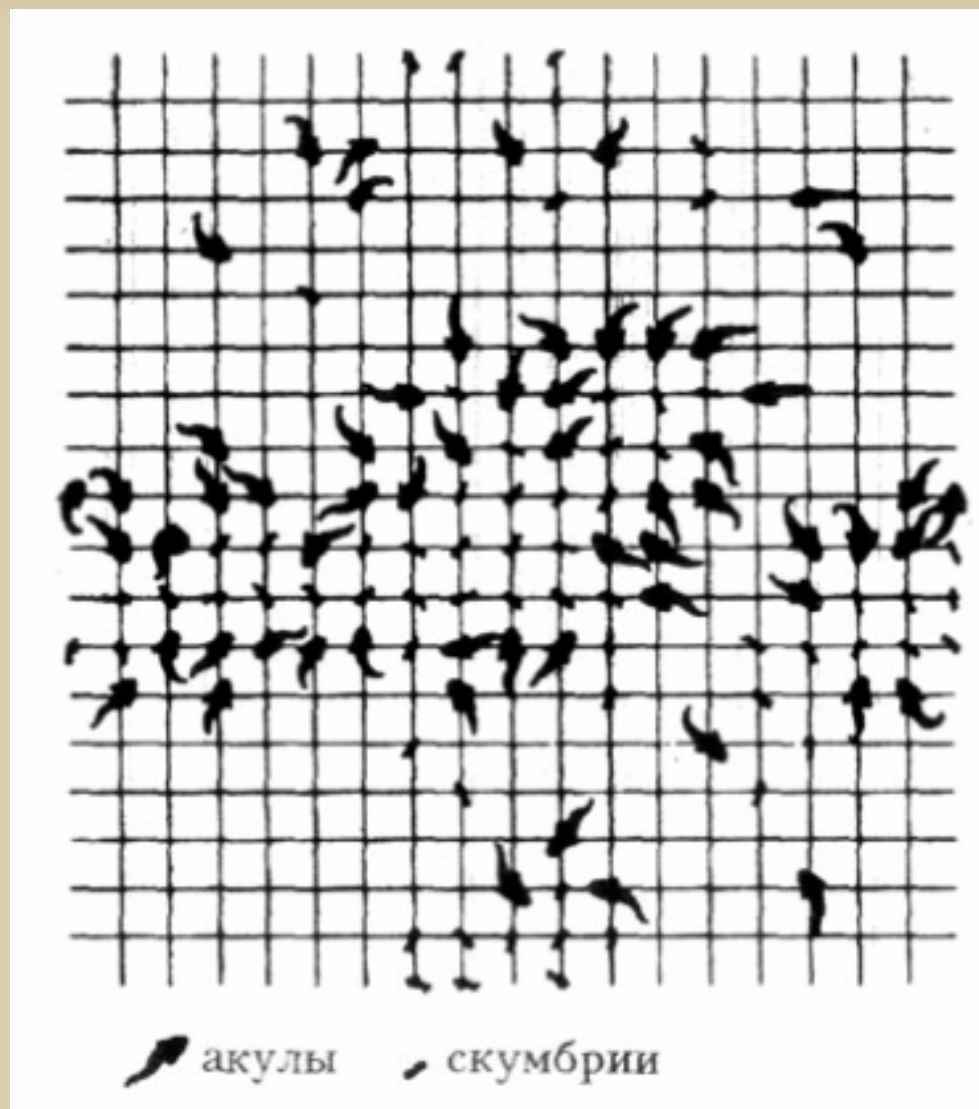


Рис. 1. Двухмерная модель океана, в котором обитают только акулы и скумбрии

