

# Лекция 2.

---

Тема 2. Факториальная экология.

Часть 1. Лимитирующие факторы.

Температура.

## ЭКОЛОГИЯ

Заведующий кафедрой общей экологии

Дмитрий Геннадьевич Замолодчиков

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

# Экологический фактор -

---

это любое элементарное свойство внешней среды, способное оказывать прямое или косвенное воздействие на живые организмы

По происхождению выделяют группы факторов:

- 1) абиотические,
- 2) биотические,
- 3) антропогенные

# Группы экологических факторов

---

По характеру расходования выделяют:

1) ресурсы; 2) условия.

**Экологические ресурсы** – потребляются и расходуются живыми организмами (пища, пространство, свет, вода, биогенные элементы).

**Экологические условия** – не расходуются организмами (температура, соленость, скорость ветра и т.д.)

# Группы экологических факторов

---

По характеру динамики выделяют:

- 1) периодические (первичные и вторичные),
- 2) непериодические.

**Периодические** – регулярно изменяются во времени.

Первичные периодические – определяются космическими причинами (освещенность, приливы и отливы).

Вторичные периодические – динамика зависит от первичных (температура, высота снежного покрова, масса листвы в умеренных листопадных лесах)

**Непериодические** – не имеют периодичности (ураган, извержение вулкана, вспышки численности у некоторых насекомых).

# Ключевые группы абиотических факторов

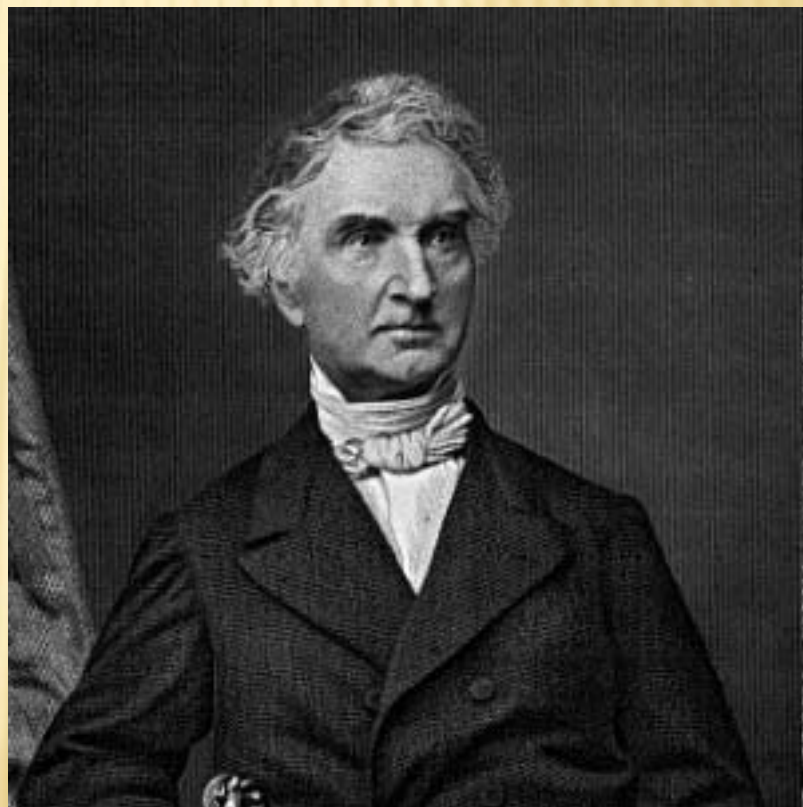
---

- ✘ Температура (воздуха, почвы, воды)
- ✘ Свет (освещенность, радиация, спектральный состав)
- ✘ Вода (количество осадков, влажность почвы, влажность воздуха, уровень грунтовых вод)
- ✘ Концентрации химических веществ (соленость, кислотность, газовый состав, биогенные элементы)
- ✘ Давление (атмосферное, воды)
- ✘ Перемещения подвижных сред (скорость и направление ветра и водных течений)

# Концепция лимитирующего фактора

Лимитирует тот – **один!** - фактор,  
который находится в «наибольшем недостатке»

**Юстус Либих**  
**Justus von**  
**Liebig**  
**(1803-1873)**



# Закон минимума Либиха (1840 г.)

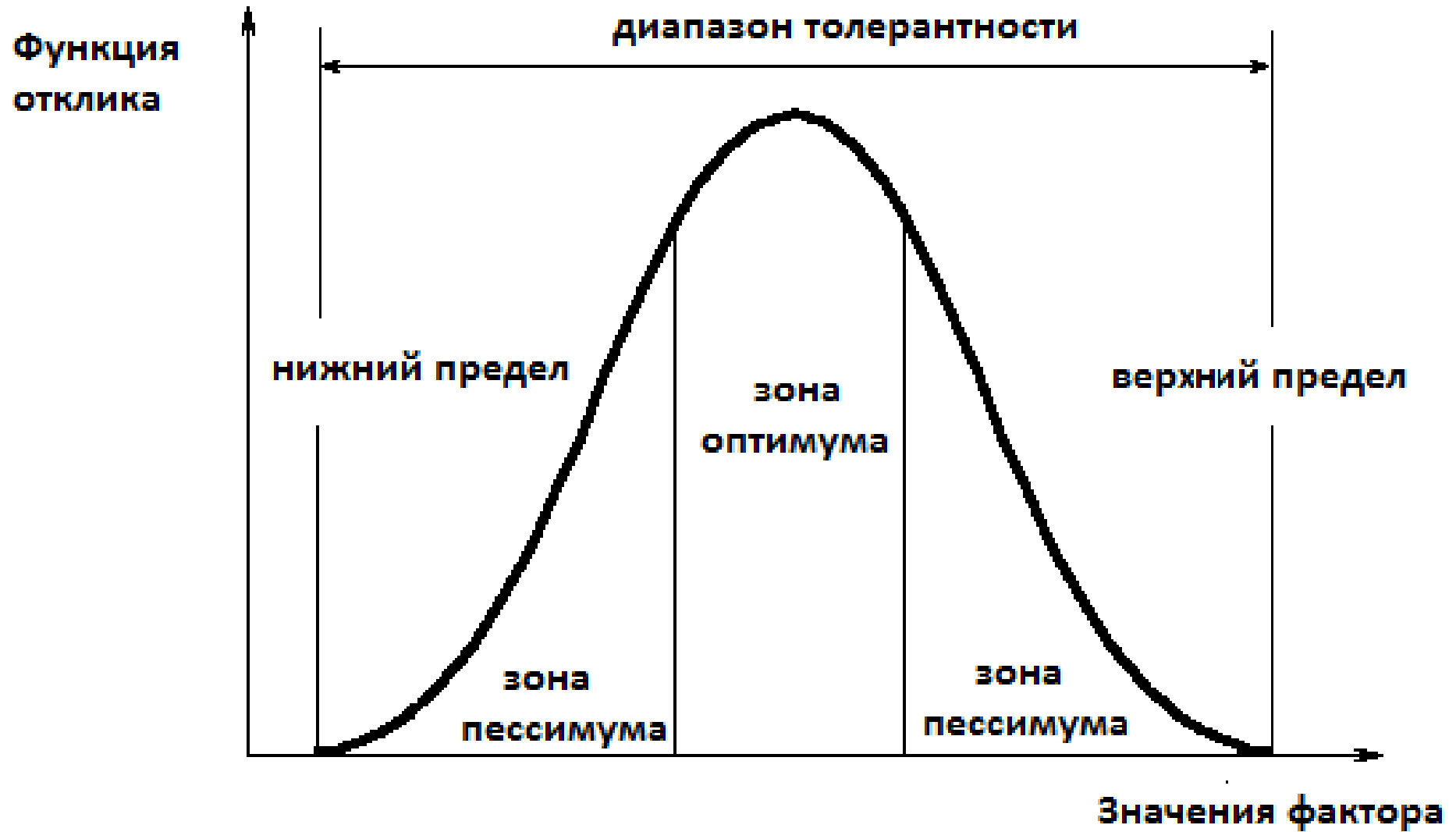
«Если в почве или в атмосфере **один** из элементов, участвующих в питании растений, находится в недостаточном количестве или не обладает достаточной усвояемостью, растение не развивается или развивается плохо...»

Minimum



Рисунок с сайта [http://en.wikipedia.org/wiki/Law\\_of\\_the\\_Minimum](http://en.wikipedia.org/wiki/Law_of_the_Minimum)

# Закон толерантности (Виктор Шелфорд, 1913 г.)

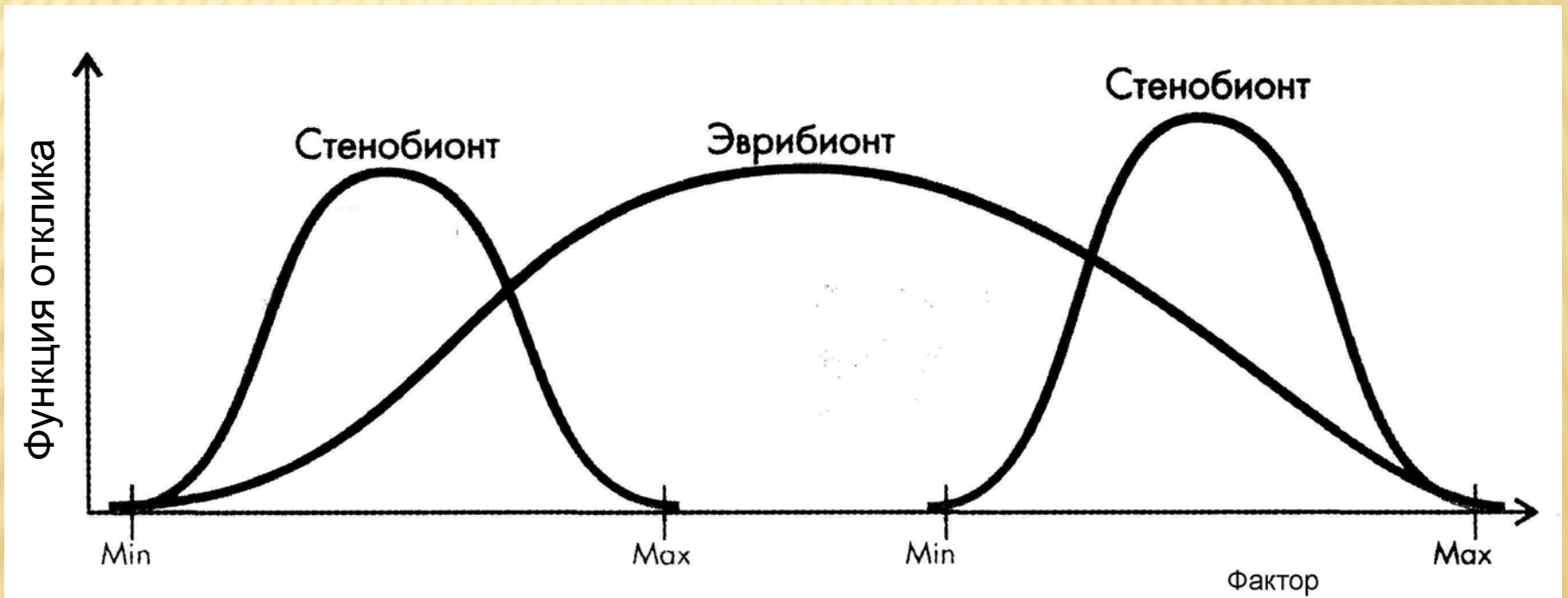




# Стенобионты и эврибионты

Стенобионты (специализированные виды, узкий диапазон толерантности)

Эврибионты (широкий диапазон толерантности)



# Стенобионты и эврибионты

По отношению к какому-либо фактору:

- ✗ температура – стенотермные и эвритермные
- ✗ соленость – стеногалинные и эвригалинные
- ✗ влажность – стеногидрические и эвригидрические
- ✗ пища – стенофаги и эврифаги
- ✗ местообитание – стеноойкные и эвриойкные

Трематома

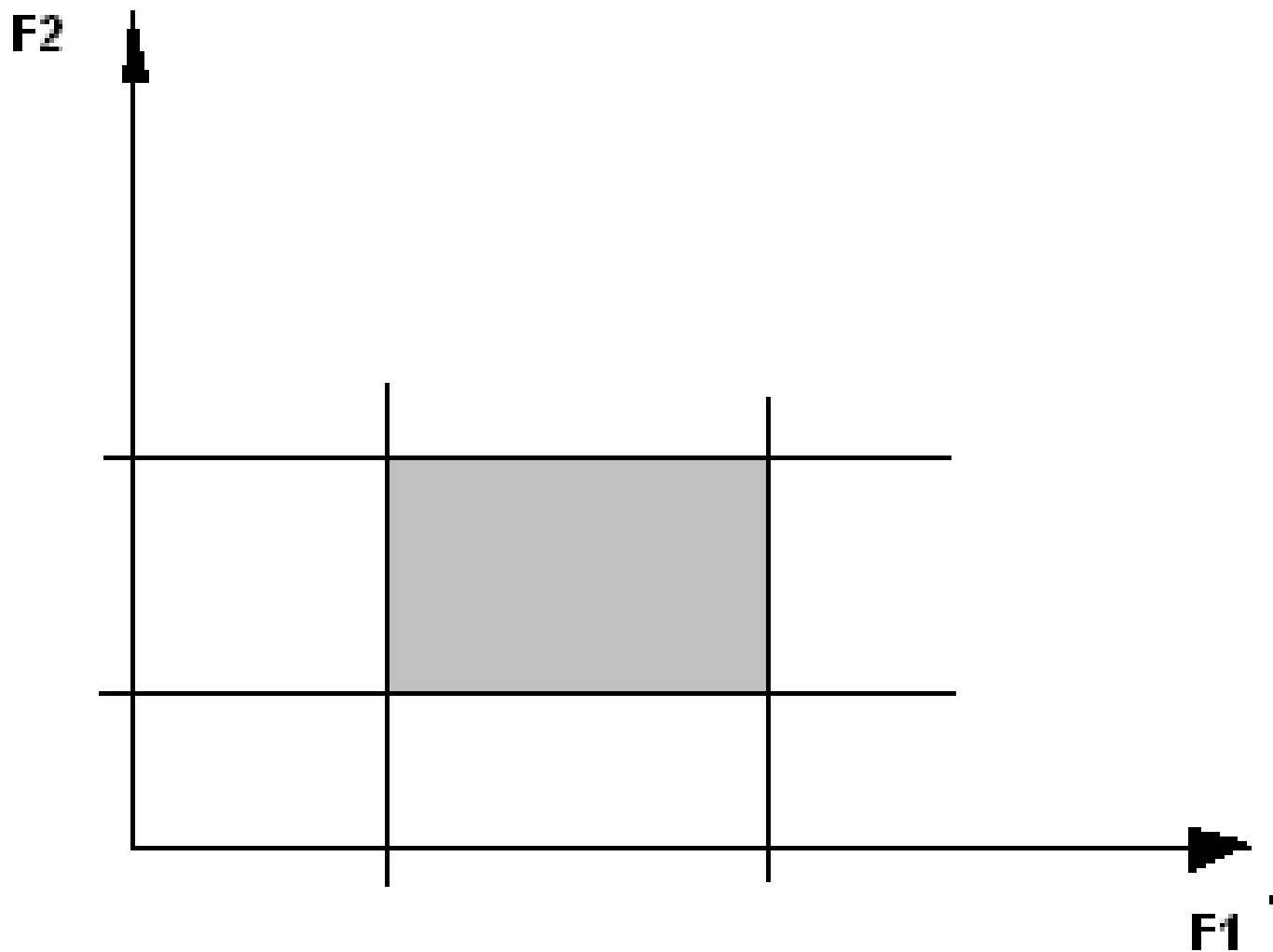


Карась

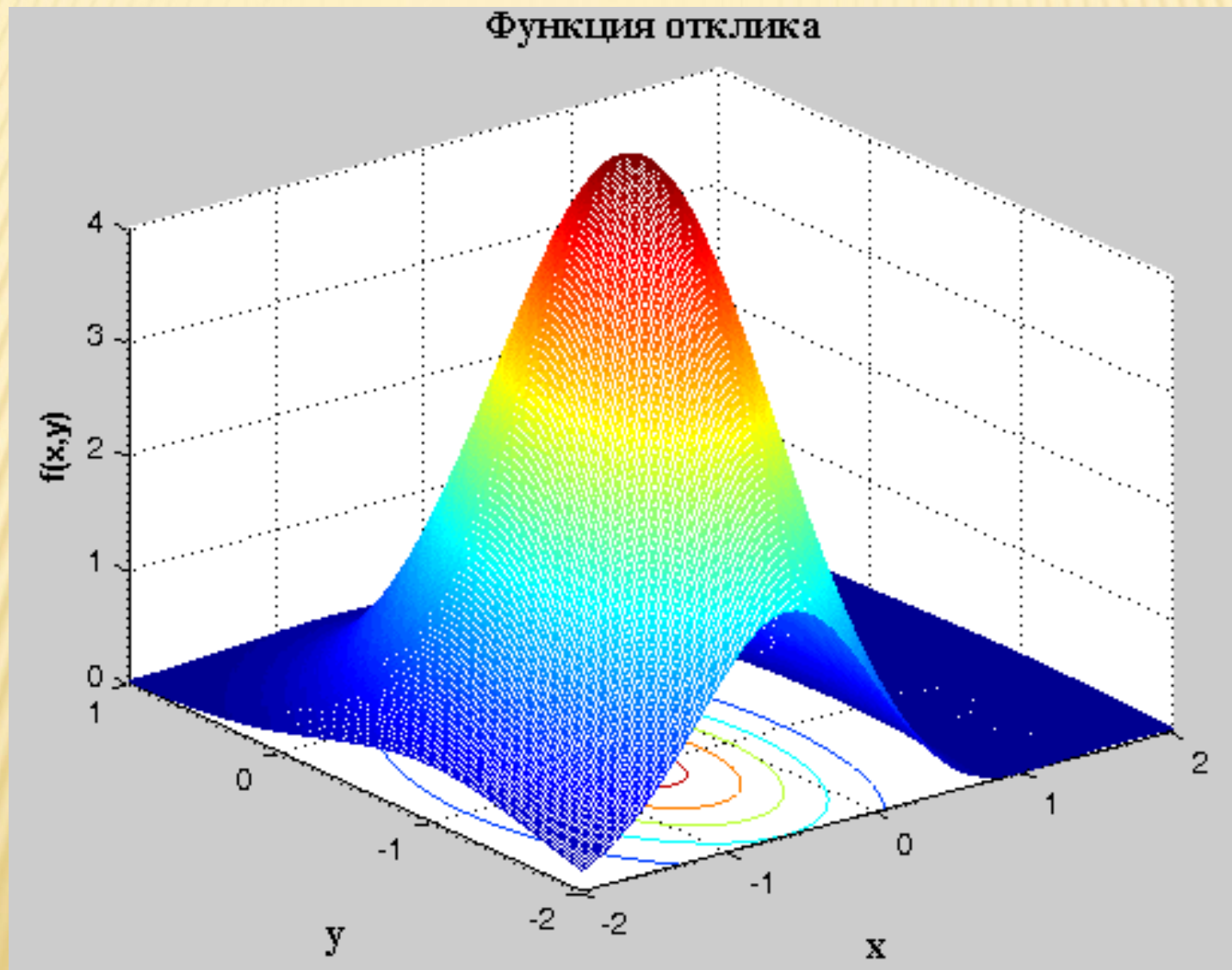
Рифовые кораллы



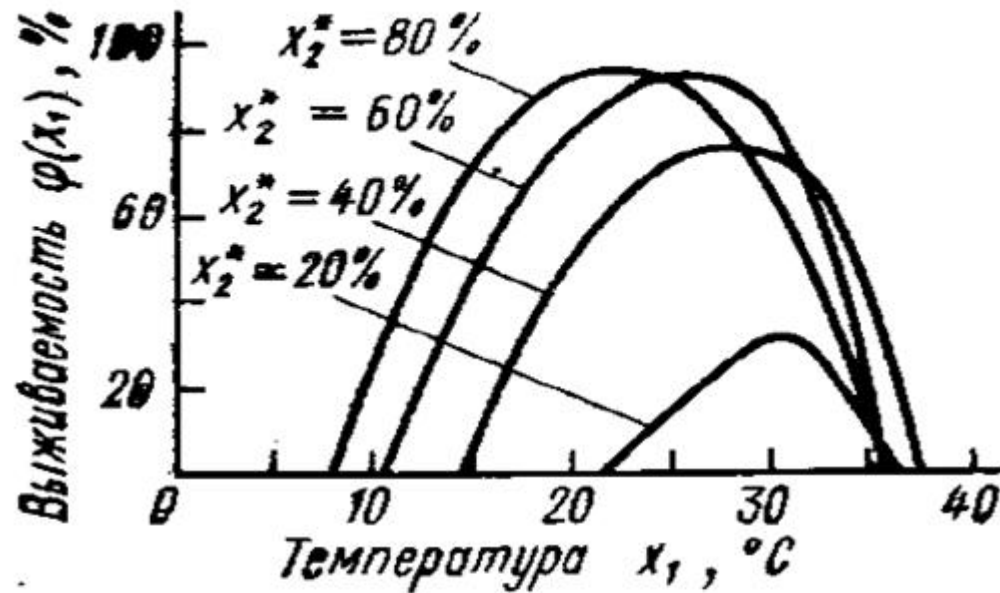
# Диапазоны толерантности для двух факторов



# Функция отклика для двух факторов

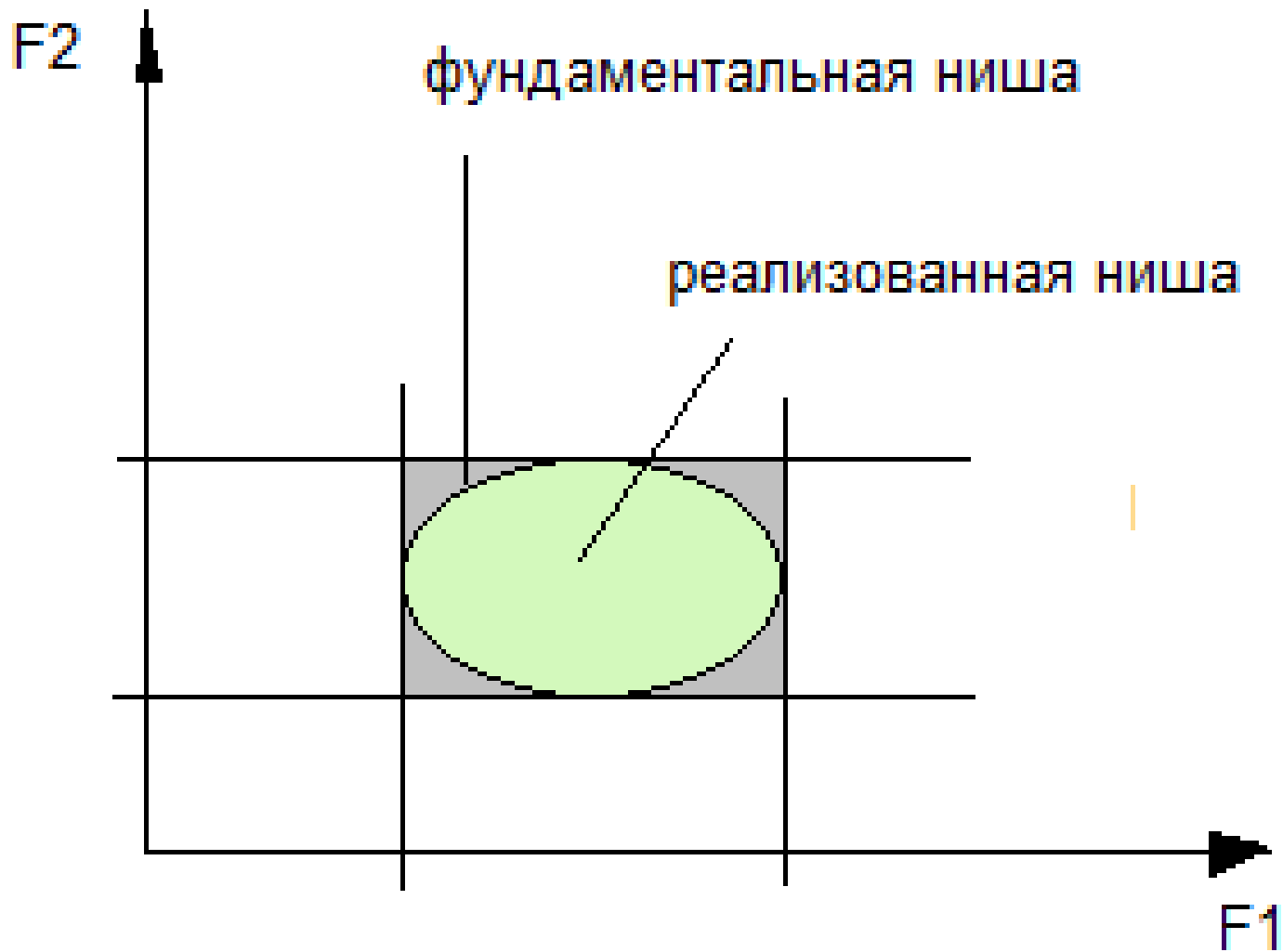


# Пример взаимодействия экологических факторов

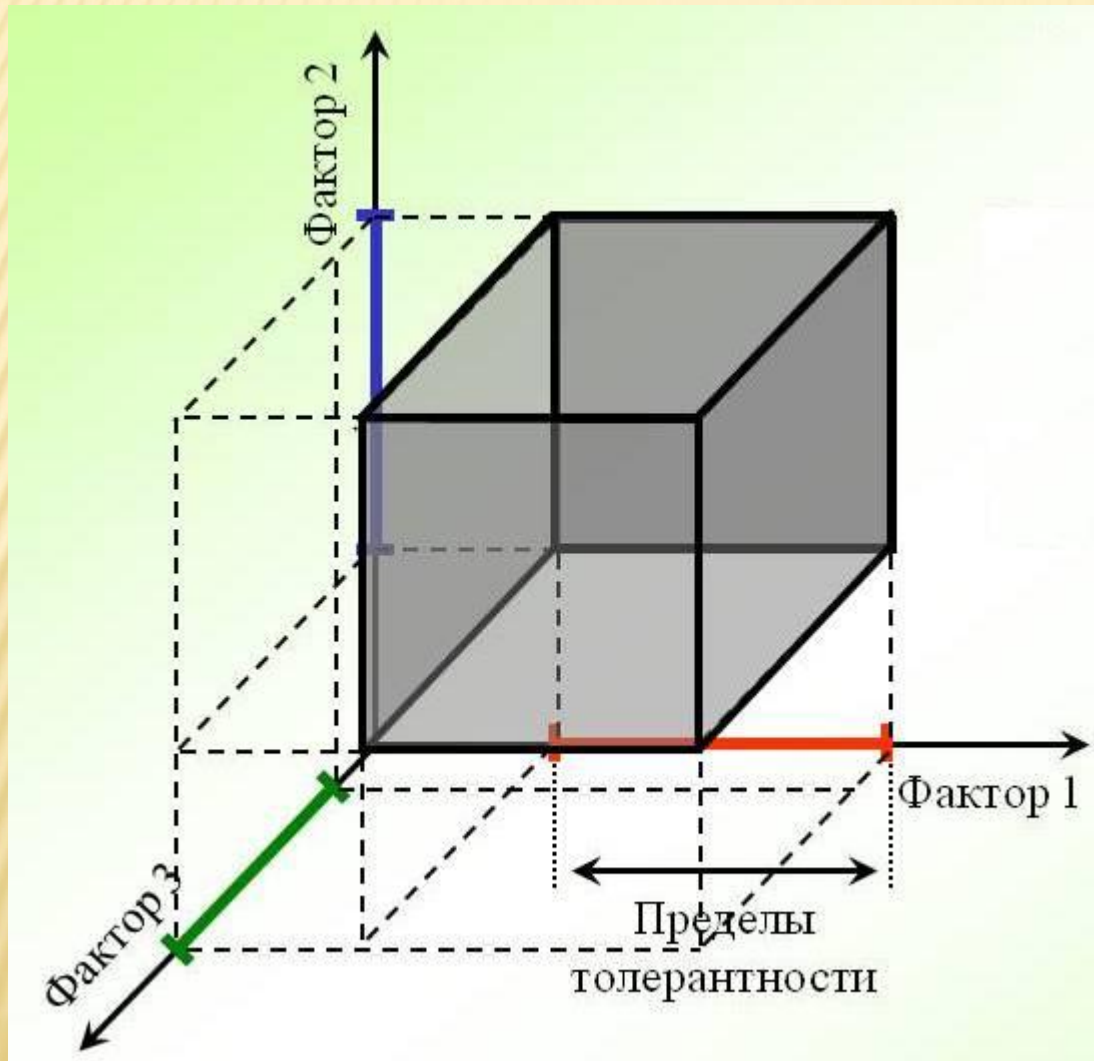


Частные функции отклика выживаемости  $\varphi^*(x_1)$  куколок яблоневой плодовой жорки *Carposcapra pomonella* L. на температуру ( $x_1$ ) при разных фиксированных значениях влажности воздуха ( $x_2^*$ )

# Фундаментальная и реализованная экологические ниши



# Многомерная экологическая ниша



гиперобъем в многомерном пространстве экологических факторов, стороны которого ограничены пределами толерантности по каждому из факторов

(Дж. Хатчинсон, 1958)

# Другие определения экологической ниши

---

Джозеф Гриннелл, 1917

Не может быть в одной фауне двух видов, в точности занимающих одну и ту же нишу

Чарльз Элтон, 1927

Место, занимаемое видом в пищевых цепях («профессия» вида в экосистеме)



# Температура

---

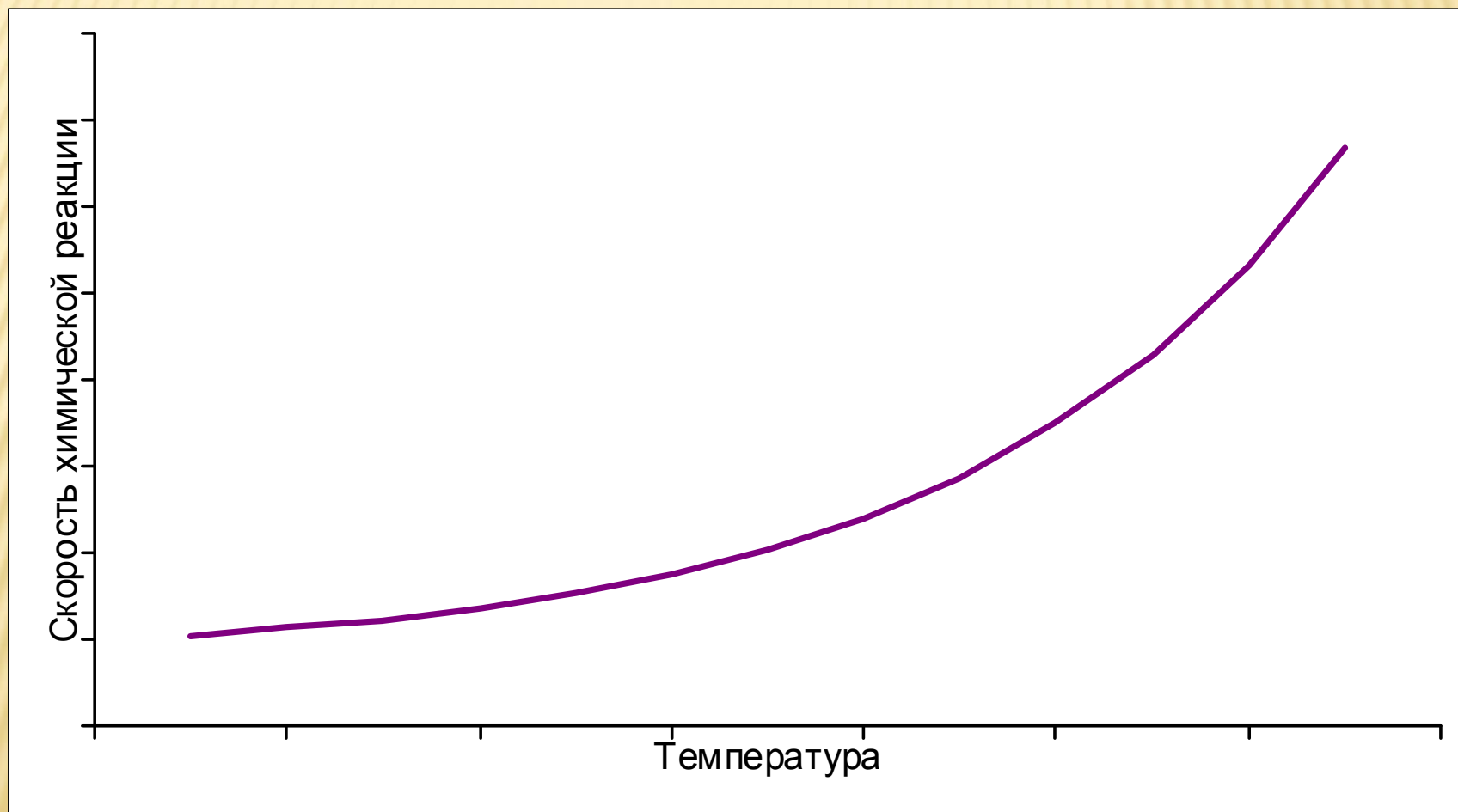
- ✘ Зависимость скорости химической реакции от температуры – уравнение Вант-Гоффа

$$V_2 = V_1 \gamma^{(T_2 - T_1)/10}$$

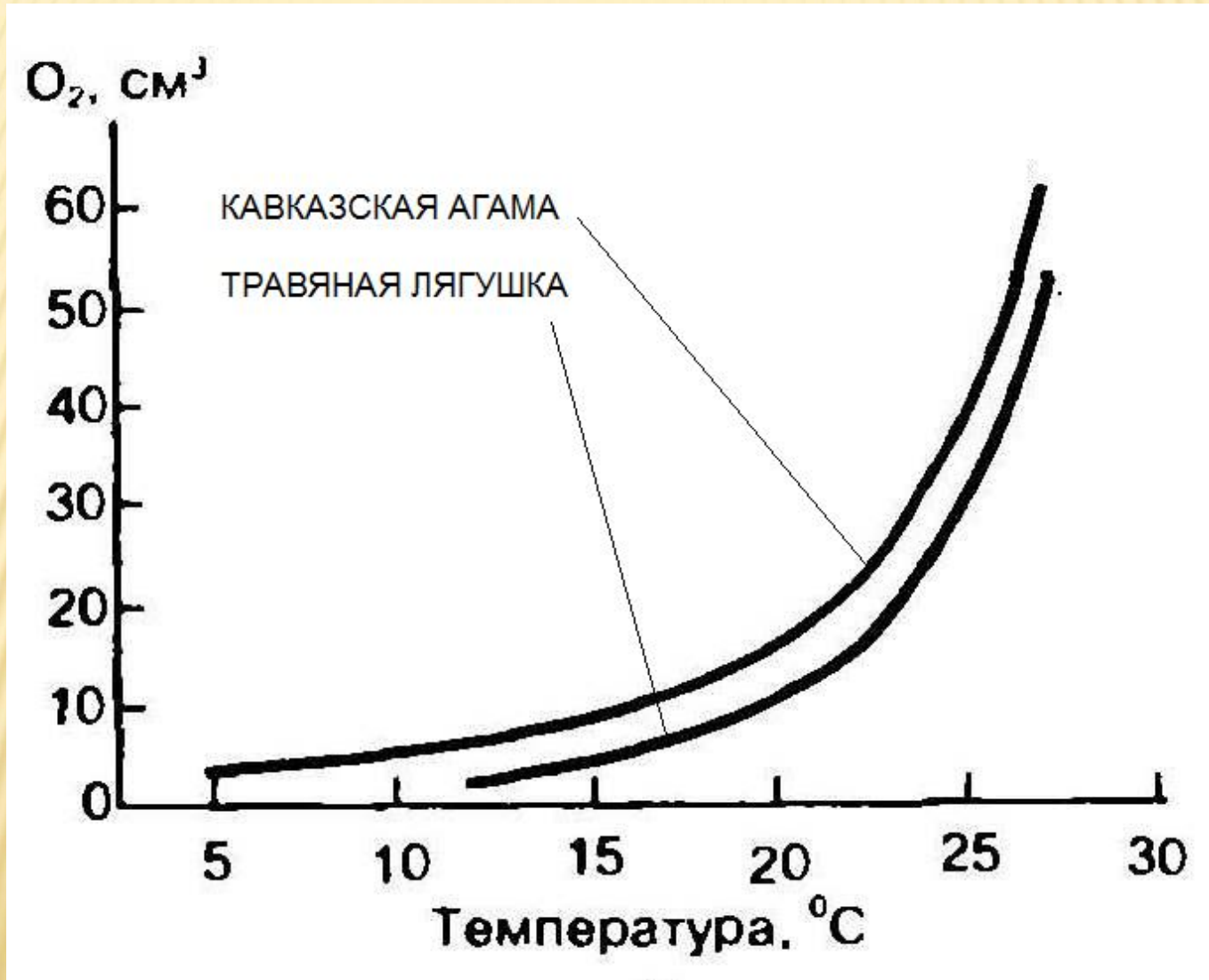
В типичном диапазоне температур живых существ допустимо использование экспоненциального уравнения.

$$V = V_0 e^{kt}$$

# Зависимость скорости реакции от температуры

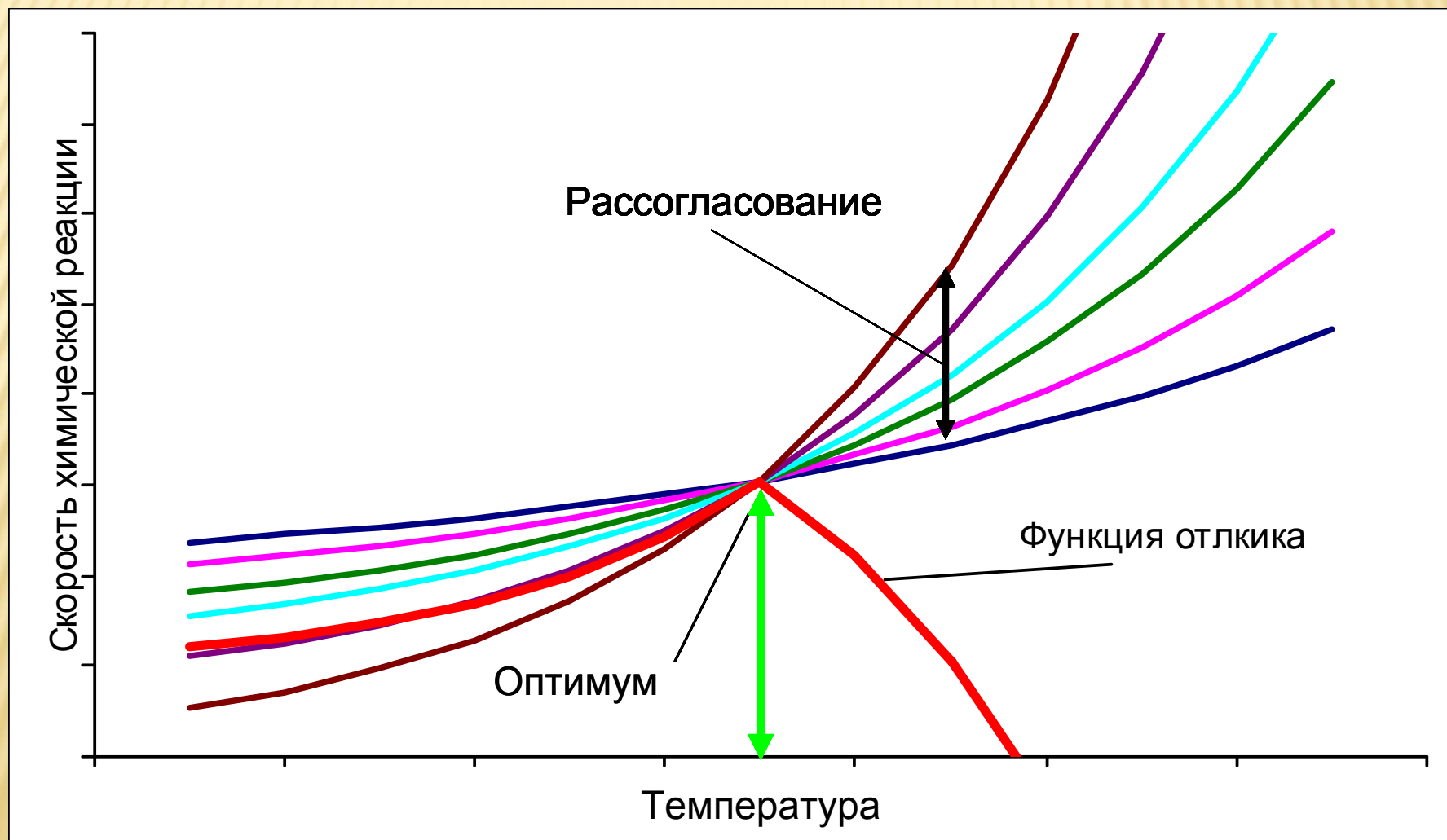


# Зависимость потребления кислорода от температуры среды у рептилий и амфибий

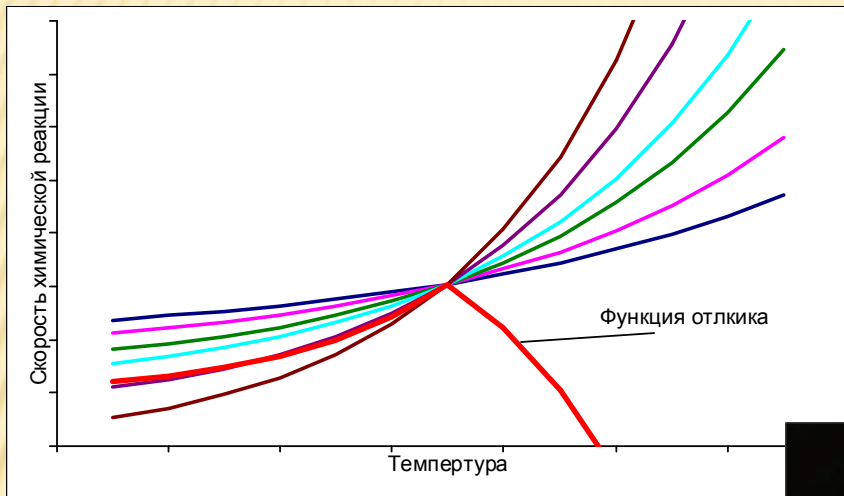




# Формирование функции отклика из закона Шелфорда



# Ассиметрия температурных функций отклика



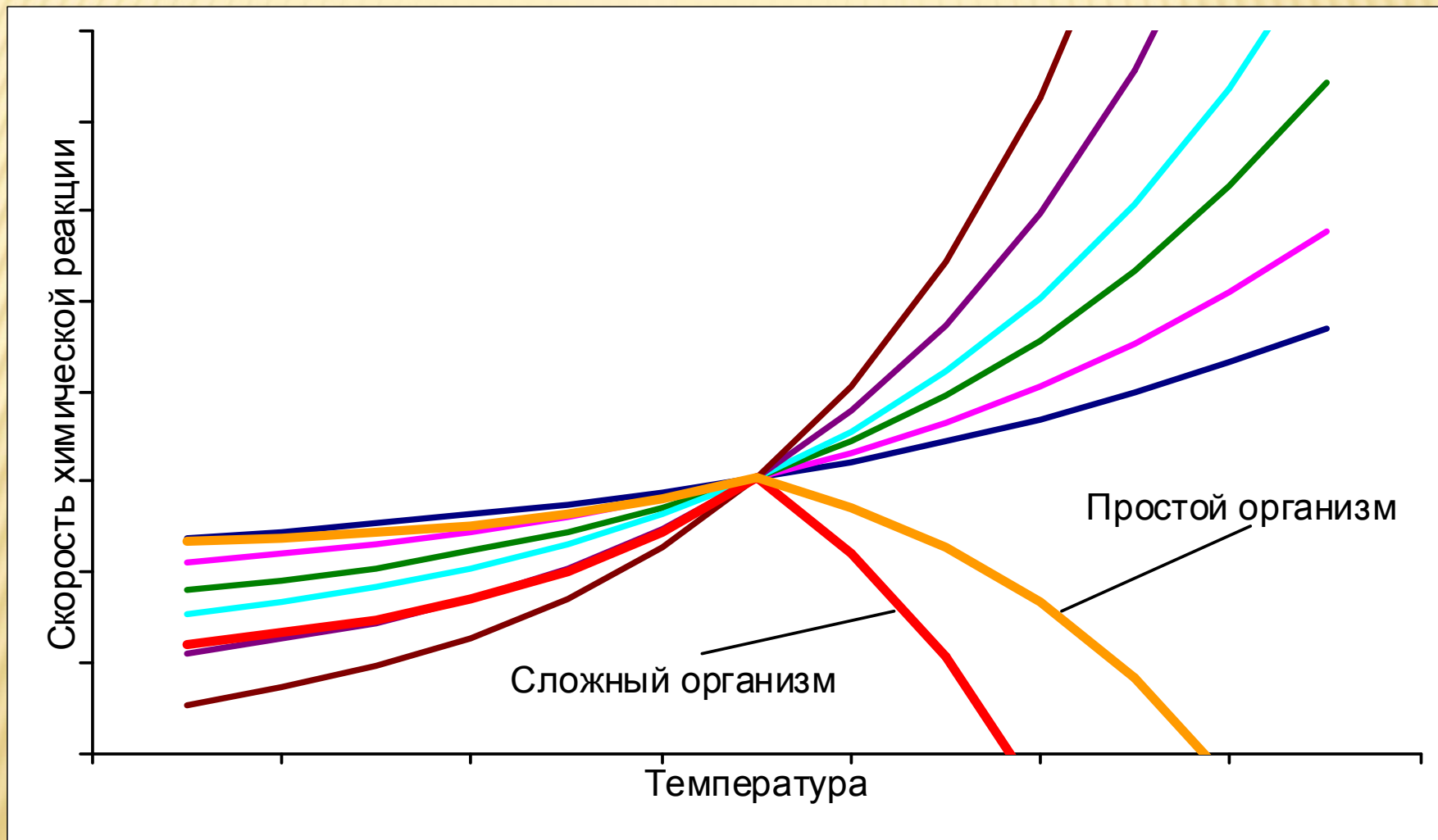
Карась

Диапазон толерантности 0-30°C

Оптимальная температура 25°C



# Функции отклика на изменение температуры у простого и сложного организмов



# Типичные верхние температурные пределы

---

- ✘ Животные 45°C
- ✘ Растения 55°C
- ✘ Бактерии 80°C (споры бактерий до 120 °C)
- ✘ Специализированные бактерии 105°C

Пастеризация – уничтожение активных форм бактерий в пищевых продуктах при нагреве до 80°C.

Ультрапастеризация – уничтожение спор бактерий в пищевых продуктах при кратковременном нагреве до 140 °C)



# Переживание отрицательных температур – проблема замерзания воды

---

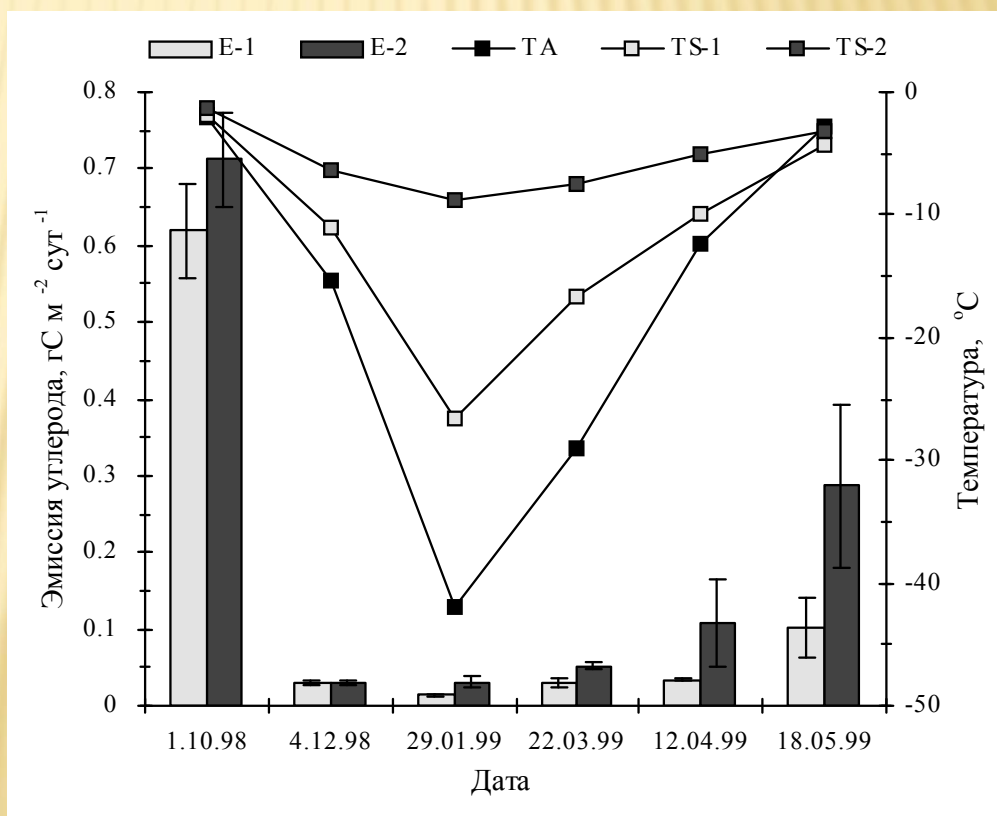
## Холодовые адаптации

- а) биологические антифризы и криопротекторы (позвоночные – гликоген, насекомые – глицерин, растения – сахара);
- б) обезвоживание клеток, вывод воды в межклеточные пространства.

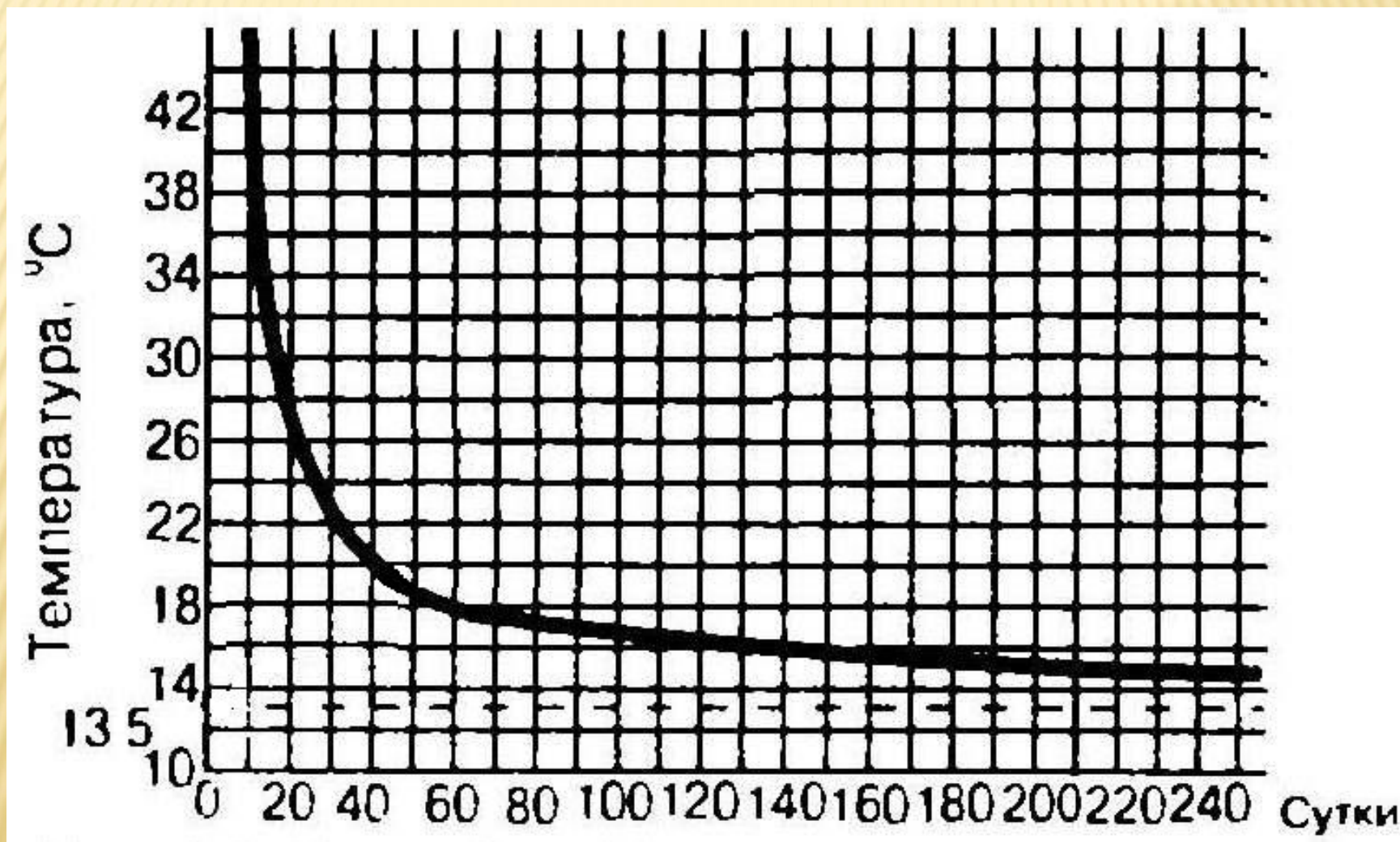
# Жизнь при отрицательных температурах

- ✘ Криофильные грибы и бактерии поддерживают активную жизнедеятельность до  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Инструментальные измерения эмиссии углекислого газа почвами тундр (окр. Воркуты)



# Зависимость времени развития зерновой моли от температуры



# Обеспечение постоянства температуры тела

---

- ✘ Теплокровные – холоднокровные
- ✘ Гомотермные – пойкилотермные
- ✘ Эндотермные - эктотермные



# Механизмы терморегуляции эндотермов

---

## 1) Химические

- а) интенсивность метаболизма;
- б) мышечный тонус;
- в) холодовая дрожь.

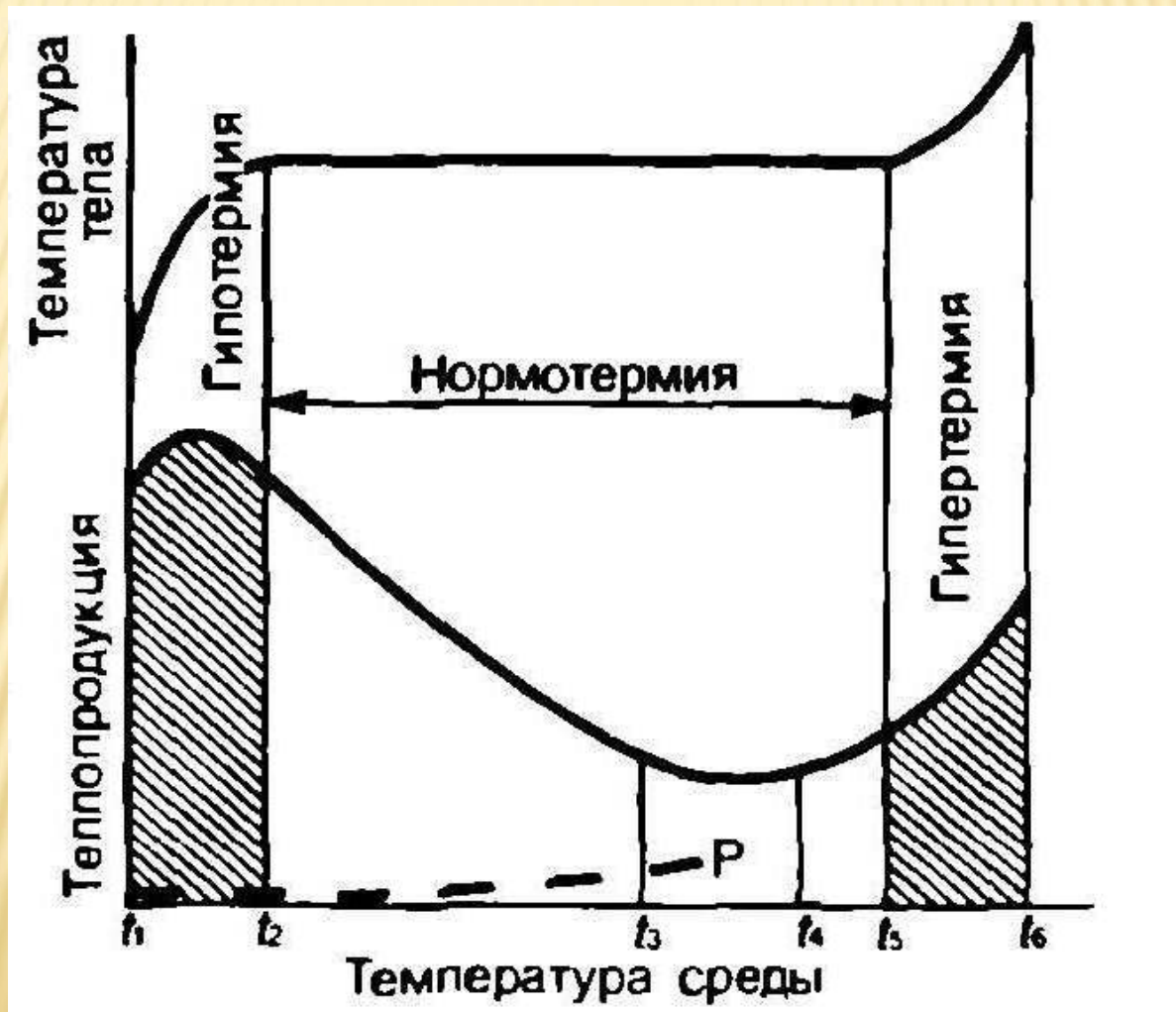
## 2) Физические

- а) изменение теплопроводности покровов;
- б) испарение.

## 3) Поведенческие

- а) обогрев;
- б) укрытия;
- в) коллективное поведение;
- г) использование водоемов.

# Зависимость температура тела и теплопродукции эндотерма от температуры внешней среды



**Оптимальная температура внешней среды приводит к уменьшению энергозатрат на теплопродукцию**

---

**На птицефабриках температура поддерживается около 33 °С.**



# Правила, связанные с терморегуляцией

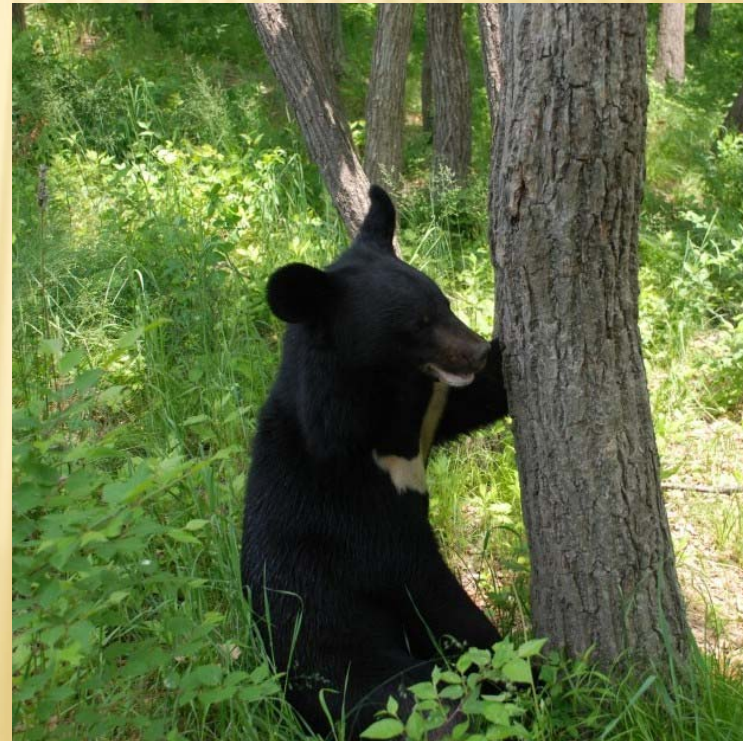
## ✘ Правило К. Бергмана (1847)

Среди сходных форм гомойотермных (теплокровных) животных наиболее крупными являются те, которые живут в условиях более холодного климата — в высоких широтах или в горах.

400-450 кг



120-140 кг





# Правила, связанные с терморегуляцией

## ✘ Правило Дж. Аллена (1877)

Среди родственных форм гомойотермных (теплокровных) животных, ведущих сходный образ жизни, те, которые обитают в более холодном климате, имеют относительно меньшие выступающие части тела: уши, ноги, хвосты и т. д.



# Основной способ охлаждающей терморегуляции – испарение

---

а) потовые железы

б) слизистые оболочки: легкие, язык (у собачьих)

ворона в жаркую погоду

