

Динамические показатели популяций

Динамические характеристики популяции- это величины, оценивающие интенсивность происходящих в ней процессов

Основные динамические показатели популяции:

- рождаемость
- смертность
- скорость роста популяции

Рождаемость (скорость рождаемости)

- Максимальная (абсолютная, физиологическая)
- Экологическая (реализованная)

Смертность (скорость смертности)

удельная рождаемость/смертность- отношение скорости в исходной численности

$N_b/N\Delta t$

$N_d/N\Delta t$

Мгновенная удельная рождаемость/смертность

$\Delta t \rightarrow 0$

b

d

Скорость изменения численности популяции

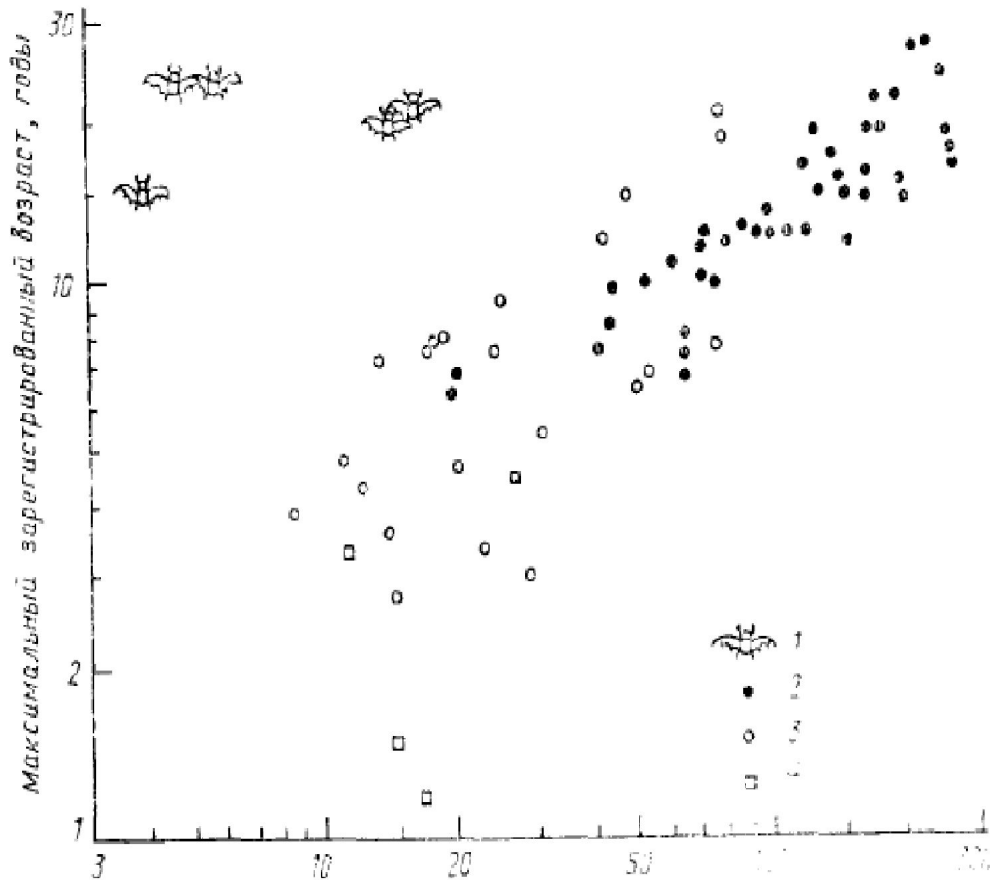
Изменение ΔN за Δt .

При $\Delta t \rightarrow 0$ - мгновенная скорость изменения численности

$$r = b - d$$

- $b = d, r = 0$ - **стационарное** состояние популяции
- $b > d, r > 0$ - численный **рост** популяции
- $b < d, r < 0$ - **снижение** численности популяции

Продолжительность жизни



Физиологическая
(максимальная)
возможная
продолжительность
жизни

**Зависит от
условий жизни!**

Соотношение размеров тела и максимальной зарегистрированной продолжительности жизни для разных млекопитающих (по Hutchinson, 1978):

1 — рукокрылые; 2 — хищные; 3 — грызуны; 4 — насекомоядные

Экспоненциальная модель роста численности популяции

$$N_t = N_0 \cdot e^{r_m t}$$

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{r_m t}$$

N_t - численность популяции в начальный момент времени t

N_0 - численность популяции в начальный момент времени t_0

e - основание натурального логарифма (2, 7182)

r_m - максимальная скорость роста численности популяции

(биотический потенциал)

- постоянное значение!

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{r_m t}$$

Экспоненциальная модель роста численности популяции

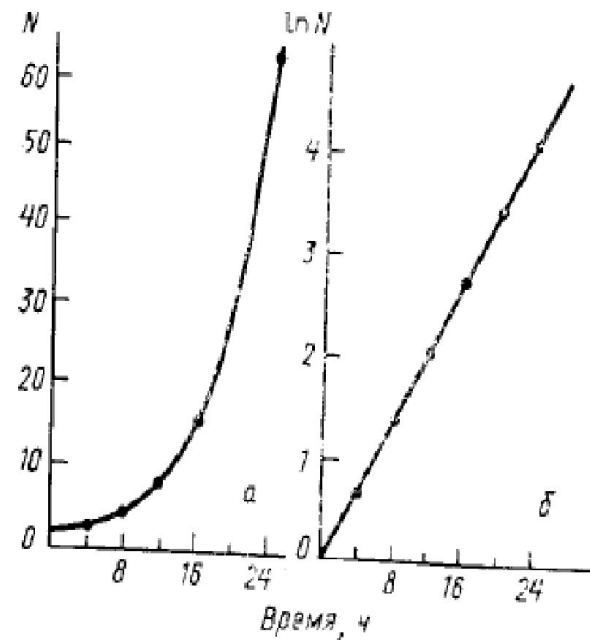
Томас Мальтус (1766—1834)

Геометрическая прогрессия- как закон роста –
Ж. Бюффон и К. Линней, Дж. Грант

Теорема А. Лотки

Если удельная рождаемость $b(x)$ и выживаемость $l(x)$ всех последовательно нарождающихся когорт в популяции с течением длительного времени постоянны, то независимо от начальной возрастной структуры, устанавливается устойчивая возрастная структура, и численность популяции растет по экспоненциальному закону.

Если по возрастные рождаемость и смертность в популяции постоянны во времени.



Экспоненциальный рост
гипотетической популяции одно-
клеточного организма, делящегося
каждые 4 ч:
а — арифметическая шкала; б —
логарифмическая шкала

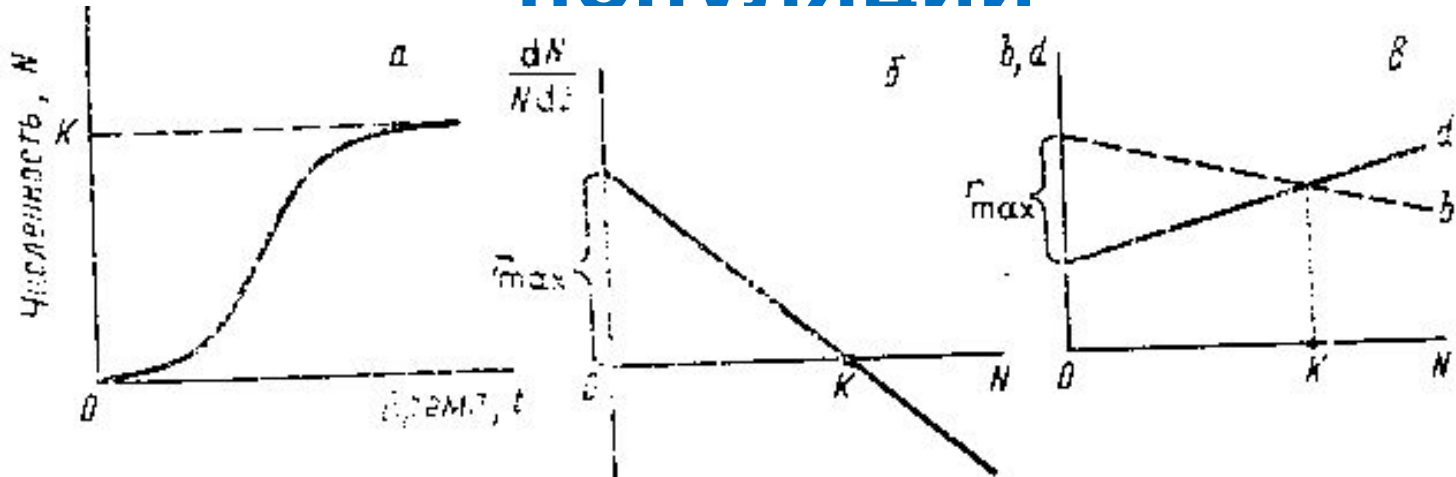
Любая популяция потенциально способна экспоненциально увеличивать свою численность (используется для оценки потенциальных возможностей роста популяций)

Несколько вариантов прекращения экспоненциального роста.

- 1) чередование** периодов экспоненциального роста численности с периодами резкого (катастрофического) спада, вплоть до очень низких значений (у организмов с коротким жизненным циклом, обитающих в местах с резко выраженными колебаниями основных лимитирующих факторов, например у насекомых, живущих в высоких широтах, такие организмы должны иметь покоящиеся стадии, позволяющие пережить неблагоприятные сезоны)
- 2) резкая остановка экспоненциального роста** и поддержание популяции на постоянном (=стационарном) уровне, вокруг которого возможны различные флуктуации
- 3) плавный выход на плато.** Получающаяся при этом S-образная форма кривой указывает на то, что по мере увеличения численности популяции скорость роста ее не остается постоянной, а снижается. S-образный рост популяций наблюдается очень часто как в лабораторных экспериментах, так и при вселении видов в новые местообитания

Логистическая модель роста численности

ПОПУЛЯЦИИ



Логистическая модель роста популяции: а—кривая роста численности (N); б — зависимость удельной скорости роста (dN/Ndt) от численности (N): в — зависимость удельной рождаемости (b) и смертности (d) от численности. K — предельная численность

$$\frac{Nt}{No} = e^{rmt}$$

$$\frac{Nt}{No} = e^{rmt}$$

$$\frac{Nt}{No} = e^{rmt}$$

Линейное снижение скорости роста численности при увеличении плотности популяции

П. Ферхюльст (1938), Р. Пирль и Л. Рид (1920)

Логистическая модель роста численности популяции

Основное предположение логистического уравнения—линейная зависимость удельной скорости популяционного роста от плотности популяции, довольно искусственно, не следует из особенностей самих организмов

Численность популяции:

- **внешних условий среды** (большое количество хищников, нехватка пищи)
- **внутренние факторы** «сдерживающие» рождаемость-территориальное поведение (защита гнездовой территории от вторжении особей того же вида), действие от перенаселенности (резкое уменьшение плодовитости и уменьшение степени заботы о потомстве)

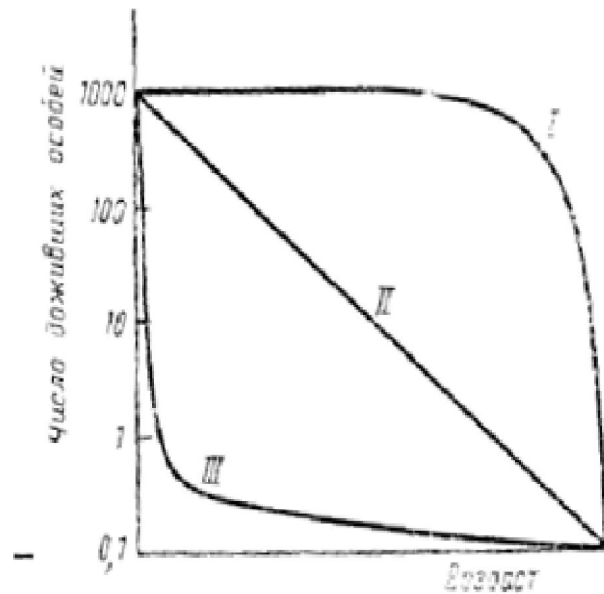
Причина массовых вспышек рождаемости –погодные факторы и деятельность человека.

Механизмы обратной связи регулировки численности.

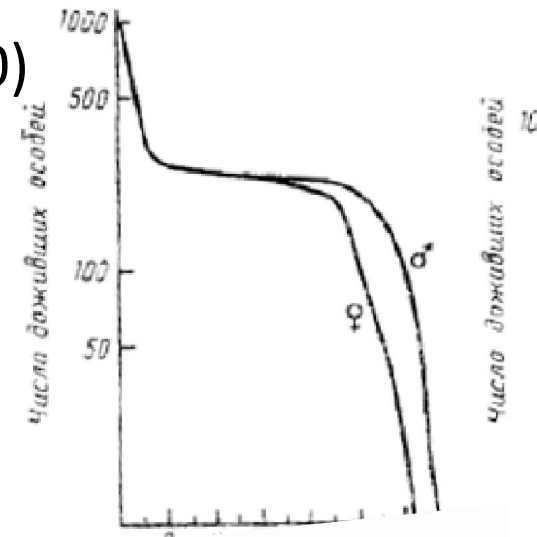
Близкий к логистическому рост (механизмы ограничения плотности):

- 1) Нехватка пищи (дафнии, водоросли, бактерии)
- 2) накопление продуктов метаболизма (дрожжи)
- 3) каннибализм (мучные жуки *Tribolium*)
- 4) Поведенческие механизмы (мыши в эксперименте)

КРИВЫЕ ВЫЖИВАНИЯ



Р. Перль (1920)



Кривые выживания самцов и самок снежного барана (*Ovis dalli dalli*) (из Hutchinson, 1978 по данным Murie)

- 1. Кривая типа 1 (кривая дрозофилы).** Главный фактор смертности-естественное старение. Имаго насекомых (гибнущих после откладки яиц) (дрозофилы, поденки), некоторых крупных млекопитающих (киты, слонов)
- 2. Кривая типа 2 (диагональный тип)**- независимая от возраста смертность (пресмыкающиеся, птицы, многолетние травянистые растения)
- 3. Кривая типа 3 (тип устрицы)** - массовая гибель особей в начальный период жизни, а затем относительно низкая смертность оставшихся особей (лососевые, сельдевые рыбы, головоногие моллюски)

Реально встречающиеся комбинация

Таблицы выживания (демографические таблицы)

Когортные (динамические)-

прямые наблюдения за жизнью большой группы особей, рожденных в короткий промежуток времени и регистрация возраста наступления смерти всех членов группы

x - возрастной интервал (класс),

n_x - число выживших на начало возрастного интервала x и началом возрастного интервала $x+1$, l_x - доля выживших до начала возрастного интервала x ,

L_x - среднее число доживших до возрастного интервала x , рассчитывают по формуле, S - наибольший возрастной интервалов,

T_x - сумма средних доживших временных интервалов, от x до S ,

q_x – смертность между началом возрастного интервала x и началом возрастного интервала $x+1$,

e_x - ожидаемая продолжительность жизни для организмов,

Статистические

таблицы-(моментальные, вертикальные)- за относительно короткий промежуток времени в разных возрастных классах

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-rmt}$$
$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-rmt}$$

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-rmt}$$

Статистические таблицы

за относительно короткий промежуток времени в разных возрастных классах

- Могут совпадать с когортной, когда численность популяции постоянна ($r=0$)
 - Если $r>0$ - то доля старших классов по сравнению с когортной занижена
 - Если численность популяции убывает ($r<0$)- доля старших классов ~~завышена~~
- Попытка составить первые таблиц выживания – Джон Грант (1620-1674) – данные по смертности жителей Лондона, собранные в церковных приходах (эпидемия чумы). Э. Галлей (1693) - для города Бреслау (Вроцлав).

Средняя продолжительность жизни обычно более информативна, чем максимальная.

Астрономический возраст- сутки, годы, **физиологический возраст**- достижение той или иной стадии развития.

Нулевой возраст выбирается условно, в зависимости от объектов и конкретных задач. (птицы- момент откладки яиц, вылупление птенцов, момент вылета из гнезда)

Повозрастная рождаемость и расчет удельной скорости роста популяции (r) на основе коэффициента воспроизводства (Ro)

Комбинированная таблица дожития и
повозрастной плодовитости

возрастные интервалы, (годы)- x ,

доля доживших- l_x ,

число потомков, произведенных в среднем
одной самкой данного возраста- m_x ,

$l_x * m_x$

R_0 - безразмерная величина,
показывающая во сколько раз численность
популяции возросла за период одного
поколения (время генерации T)

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{rmt}$$

Если $R_0 = 1$, то популяция
сохраняет неизменную
численность

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{rmt}$$

$$N_t = N_0 e^{rt}$$

$$R_0 = \frac{N_t}{N_0}$$

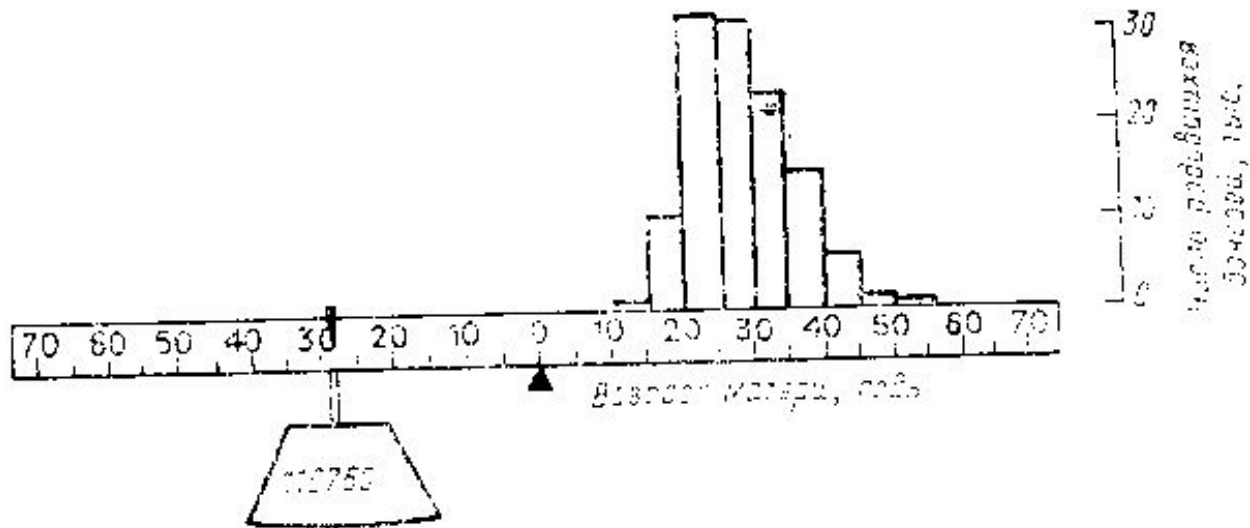
$$R_0 = e^{rT}$$

$$r = \ln R_0 / T$$

- удельная

скорость популяции обратно
пропорциональная времени
генерации

Механическая модель (А. Лотка)



(по данным о рождении девочек в США в 1920 г.)

«Нет пределов
развития, но есть
пределы роста», Медоуз,
1994

Проблемы роста народонаселения Земли

Стандартный сценарий

Из книги Donella H. Meadows et al. *The Limits to Growth*.
New York. Universe Books. 1972.



- Демографический взрыв
- Достижения науки и техники- смертность сократилась, рождаемость повысилась

Концепция «демографического перехода» (Ф. Ноустайн 1945): экономическое развитие, рост народонаселения, социальный прогресс.

-высокая рождаемость и высокая смертность- снижение смертности при сохранении высокой рождаемости- снижением рождаемости на фоне ранее снизившейся смертности- стабилизация численности.

Неравномерность изменения численности населения в зависимости от уровня экономического развития

Сколько людей сможет прокормить наша планета?

Спасибо за внимание!