

Популяционная экология

Демэкология (динамика)

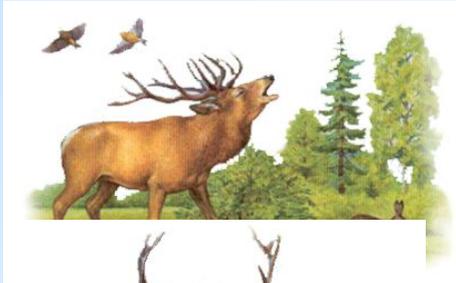


Популяции

Популяция (лат. Populus- народ, население) - совокупность особей одного вида, находящихся во взаимодействии между собой и совместно населяющих общую территорию.

Популяция - совокупность особей **одного вида**, находящихся во **взаимодействии** между собой и совместно населяющих **общую территорию**.

Уровни организации жизни



Ценотический

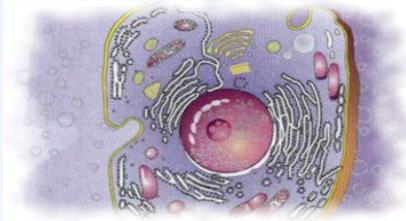


Популяционный

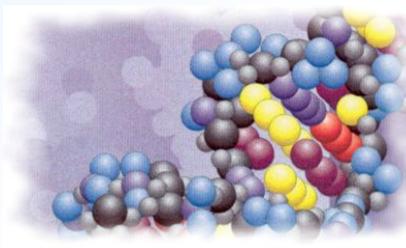


Организменный

Надорганизменный



Клеточный

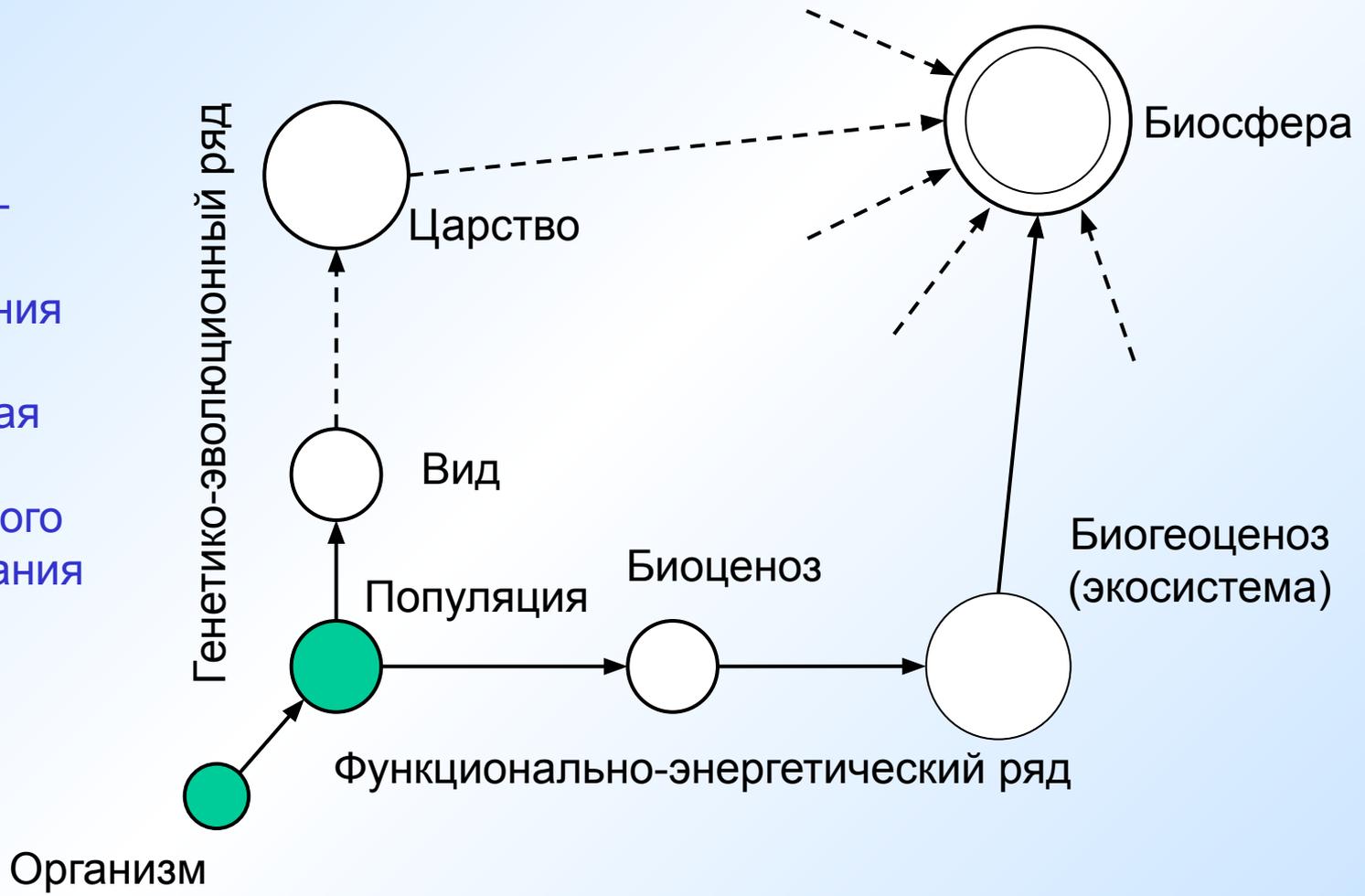


Молекулярный

Суборганизменный

Функциональный и таксономический аспекты популяции

Популяция – форма существования вида, элементарная единица его эволюционного преобразования



Популяция – функциональная единица биоценоза

Специфические свойства популяционного уровня

Характеристики
популяции

```
graph TD; A[Характеристики популяции] --> B[Неспецифические]; A --> C[Специфические];
```

Неспецифические –
усреднение характеристик
особей
(среднестатистическая особь)

Специфические – новые характеристики,
появляющиеся только на популяционном
уровне

Численность – общее количество особей в
популяции

Рождаемость – число новых особей за
единицу времени

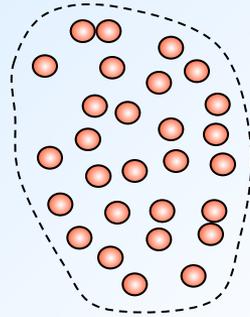
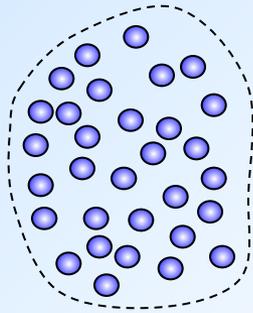
Смертность – число погибших за единицу
времени

Прирост – разница между рождаемостью и
смертностью

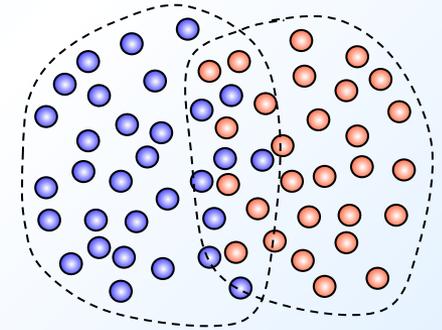
Структура популяции (пространственная,
демографическая и т.п.)

Степень обособленности популяций

Четко
обособленные
Аллопатрические



Перемешивающиеся



За счет географических
барьеров

За счет миграций

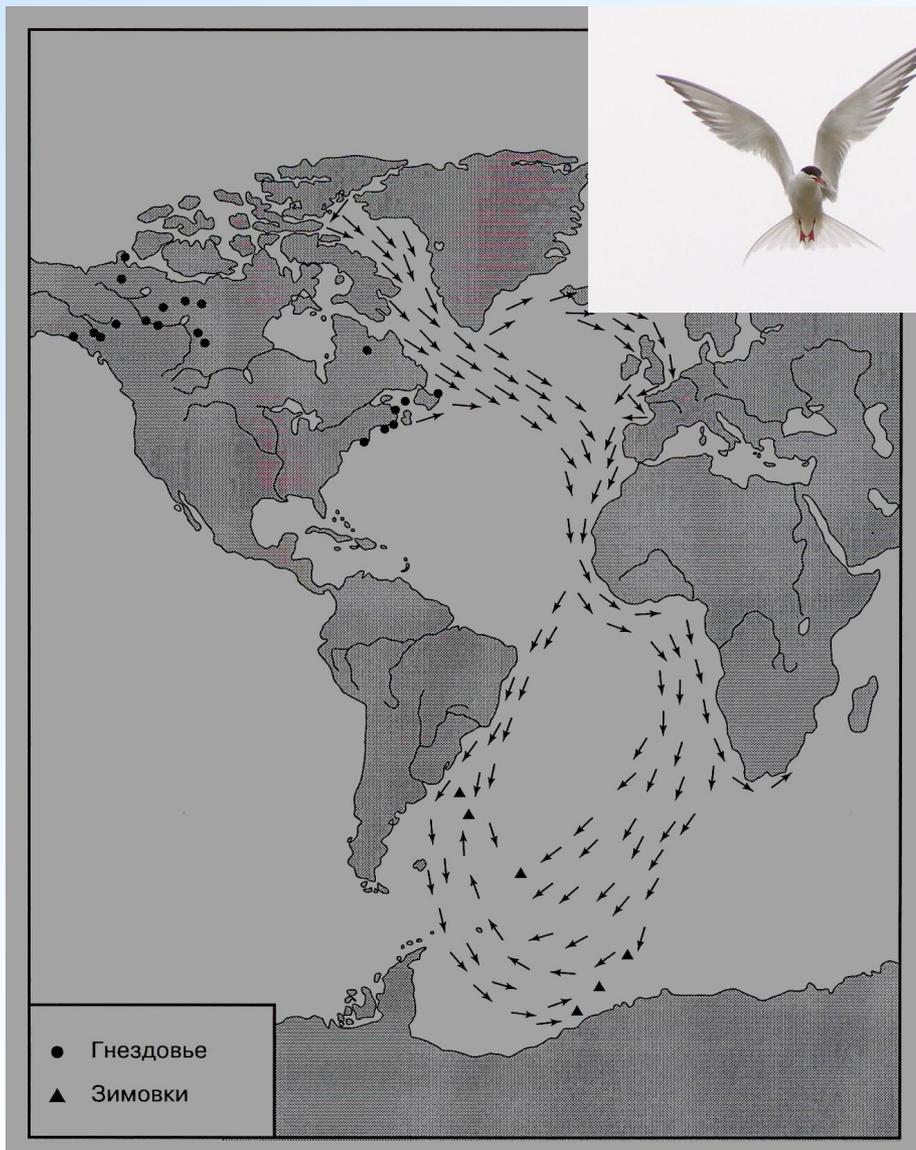


Множество мелких популяций



Небольшое число крупных
популяций

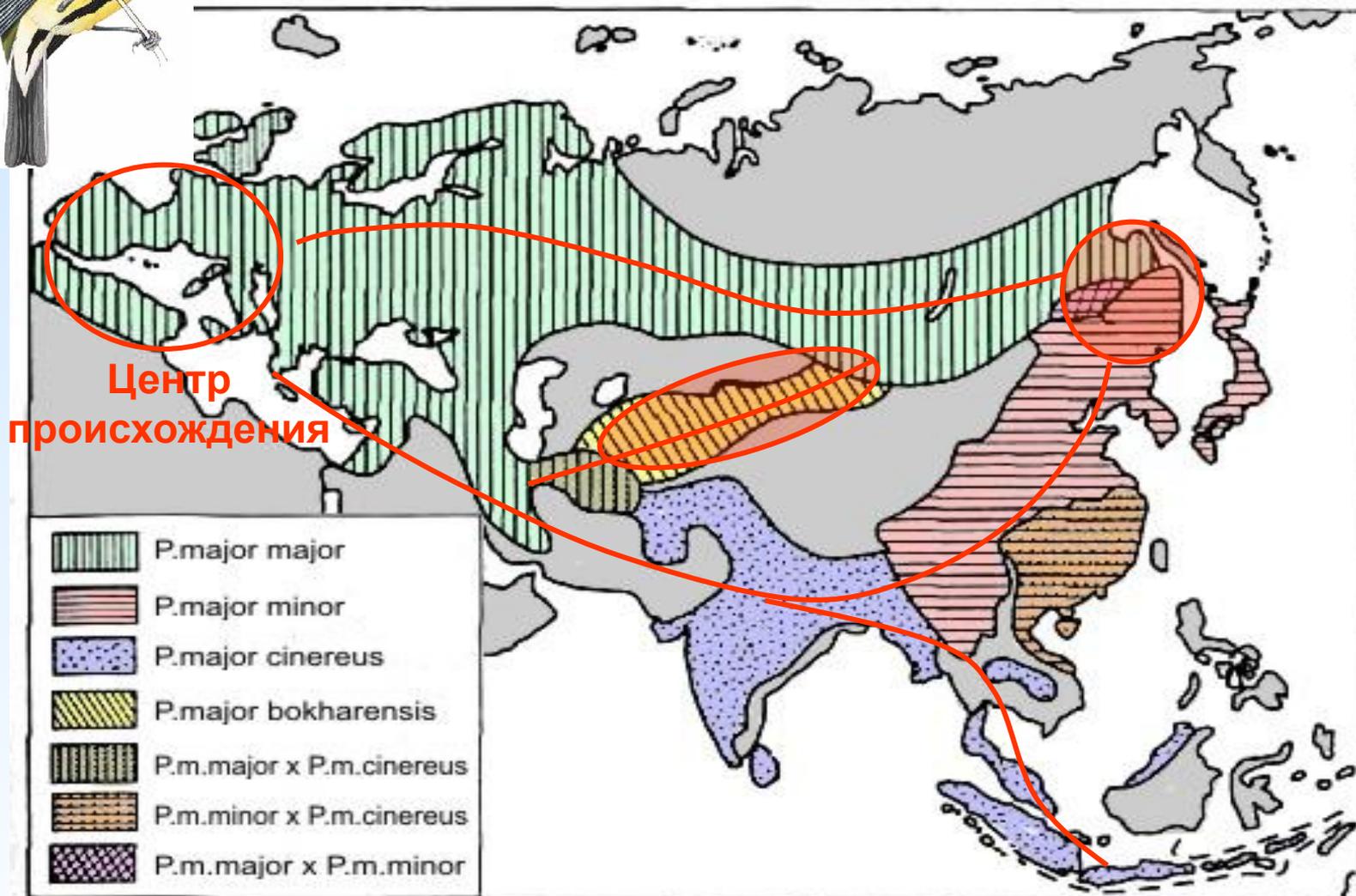
Мигрирующие популяции



Пролет
североамерикан-
ских полярных
крачек на
зимовки – более
10000 км

Границы
мигрирующих
популяций
определяются
этологическими
механизмами

Вид и популяция



Популяционная структура вида *Parus major*

Структура популяции

Генетическая структура – соотношение различных генов в популяции

Морфологическая структура – соотношение морфотипов

Пространственная структура – распределение особей в пространстве

Возрастная структура – соотношение особей разного возраста

Половая структура – соотношение полов

Этологическая структура – система взаимоотношений между особями

Пространственная структура

Характер размещения особей в пространстве определяет:

- эффективность использования ресурсов;
- уровень внутривидовой конкуренции;
- вероятность внутрипопуляционных контактов (размножение).



Случайна

я



Равномерная



Агрегированная

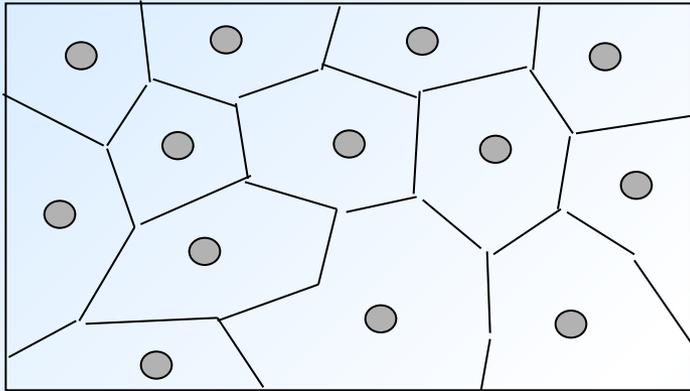
Самцовое лежбище моржей – пример агрегированного распределения крупных млекопитающих



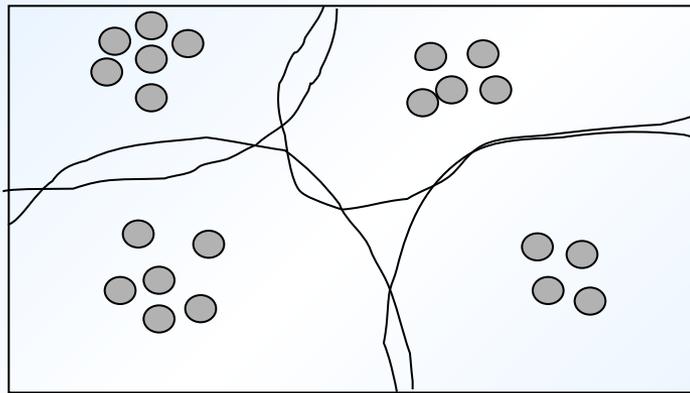
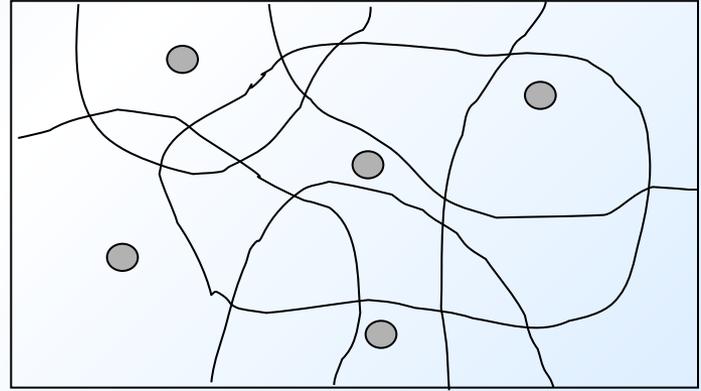
Территориальность у животных

Основные типы домовых участков у животных

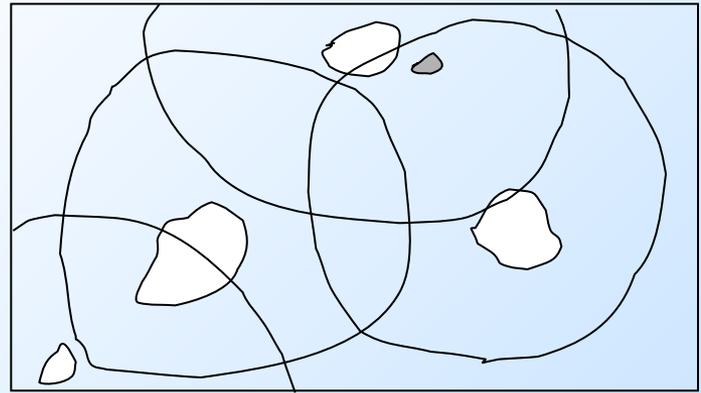
Одиночные разобщенные



Одиночные перекрывающиеся



Групповые разобщенные



Групповые перекрывающиеся

Возрастная структура

1. В разном возрасте (на разных стадиях онтогенеза) организмы имеют разные экологические спектры.
2. Возрастные экологические различия внутри вида могут более выражены, чем различия между видами.
3. Возрастные различия в популяции \Rightarrow экологическая неоднородность \Rightarrow повышается сопротивляемость среде.
4. Возрастные различия – носят приспособительный характер!
5. Изучение возрастной структуры \Rightarrow возможность предсказания поведения популяции.

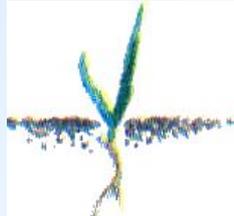
Возрастные стадии растений

1



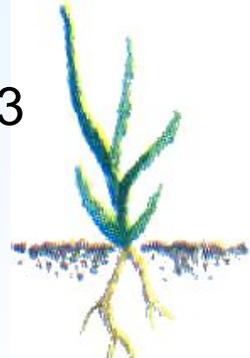
Проростки - смешанное питание (запасные вещества)

2



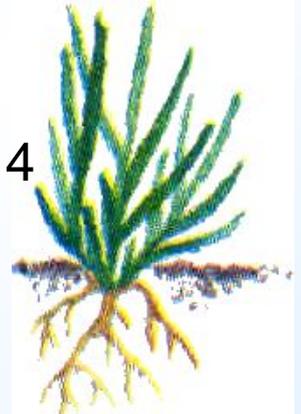
Ювенильные - самостоятельное питание, простые органы

3



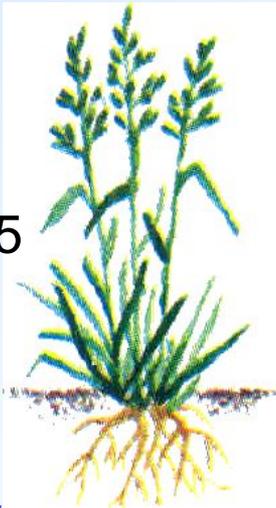
Имматурные - переход во взрослое сост. Начинает ветвиться побег.

4



Взрослые - полностью сформированные

5



Генеративный период

6



Субсенильные - прекращение плодоношения

7



Сенильные - появление ювенильных признаков, мертвых тканей

8



Отмирающие - преобладают мертвые ткани

Возрастная структура популяции – определенное соотношение возрастных групп и поколений популяции (поколения – особи, родившиеся в разные сезоны).

Возраст особи принято делить на стадии:

- предрепродуктивный (виргильный);
- репродуктивный (генеративный);
- пострепродуктивный (сенильный).

Типы возрастных структур

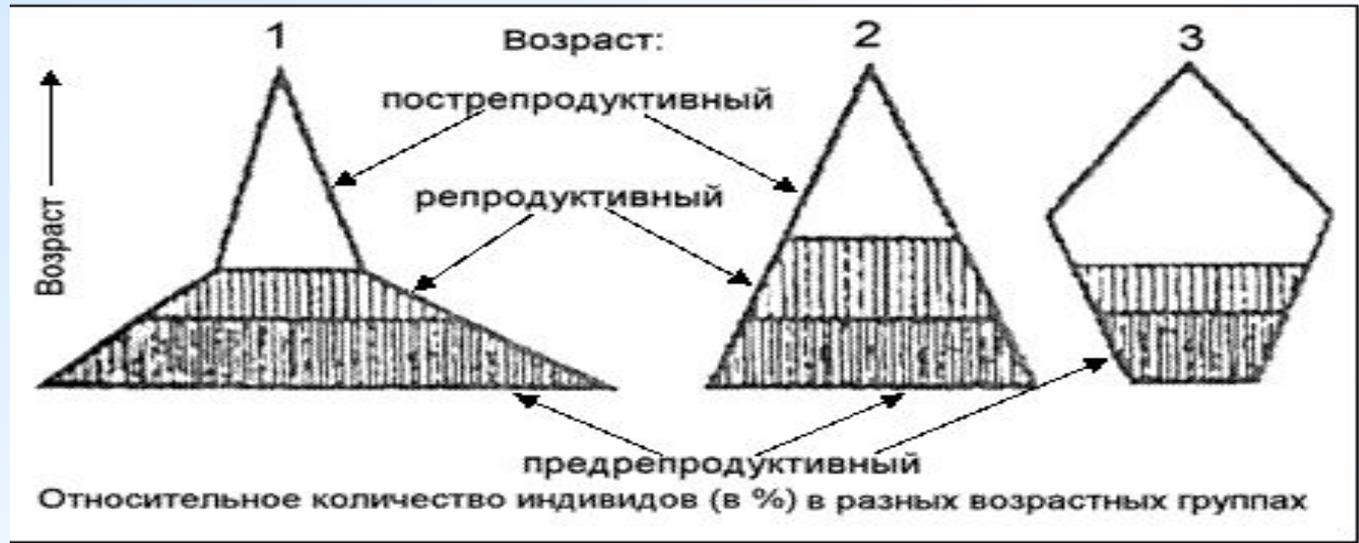
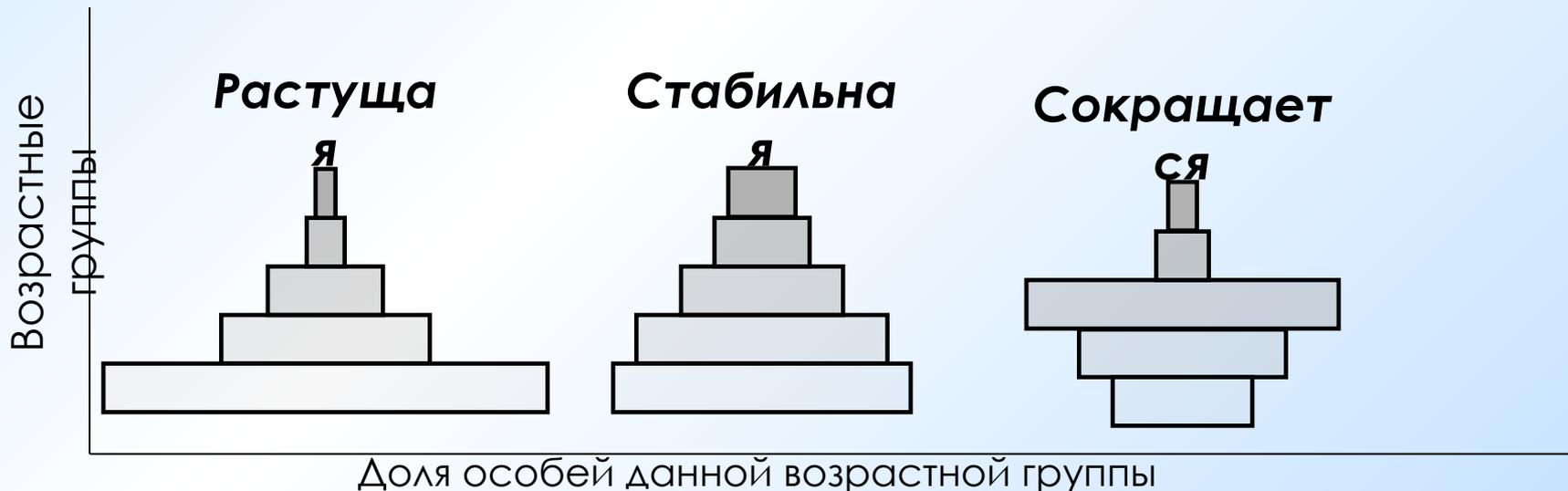


Рис. 2. Типы популяций: 1 – растущая (поползень), 2 – стабильная (барсук), 3 – сокращающаяся (тигр амурский)



Половая структура – соотношение полов

1. Морфологическая дифференциация



Павлин – отбор на неадаптивные признаки



2. Внутривидовой паразитизм ⇒ дегенерация самцов



Серебряная вдова
Latrodectus mactans



Морской черт
Linophryne macrodon

3. Самец и самка занимают разные экологические ниши



Самки - кровососущие



Комары родов
Aedes, Culex



Самцы - фитофаги



Такое соотношение полов при рождении и на ранних стадиях развития организмов, когда на генетическую обусловленность накладываются различные экологические факторы, называется *вторичным соотношением.*

У некоторых животных (например, амфибий) такие факторы среды, как температура, содержание и концентрация гормонов могут влиять на развитие таким образом, что половые различия будут отличаться от первичного хромосомного набора.

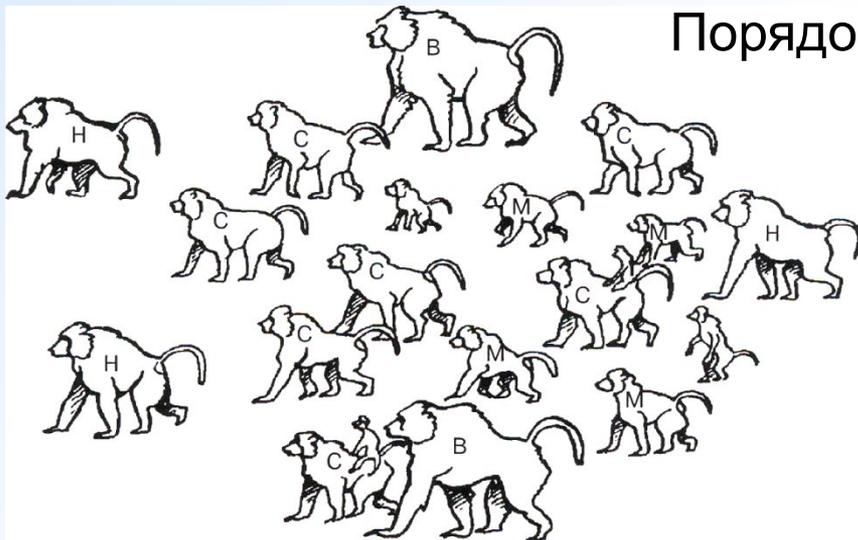
Так, в среднеевропейских популяциях травяной лягушки облик молодых животных отражает внешность самок. Лишь к концу второго года жизни половина из них превращается в самцов.

У муравьев, пчел и других общественных насекомых число цариц (самок, способных к половому размножению) в популяции регулируется рабочими особями посредством специфического питания.

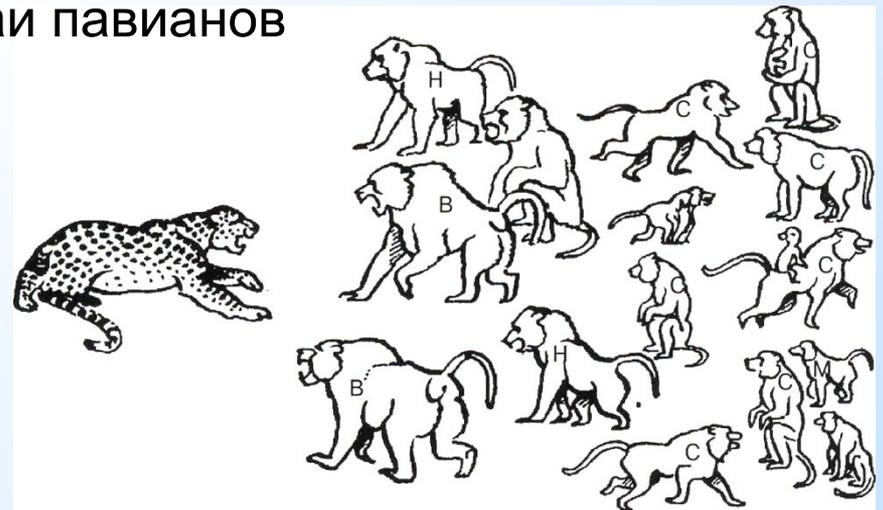
Этологическая структура



Порядок стаи павианов



Походный



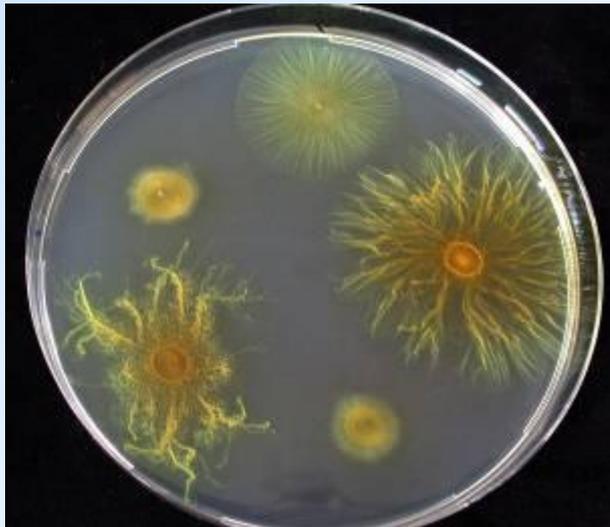
При нападении леопарда

Этологическая структура популяций социальных насекомых

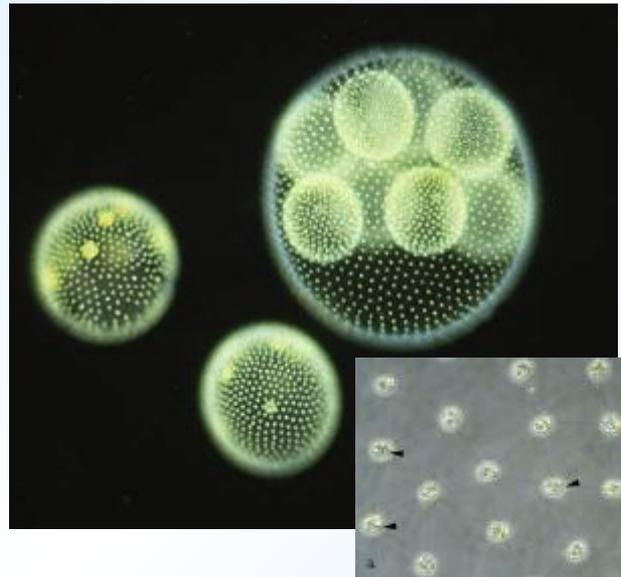
Каста	Функция	
Королева	Скрещивается с несколькими трутнями, и хранит сперму в течение двух лет. По мере необходимости оплодотворяется ей и откладывает яйца	 A close-up photograph of a queen bee, showing her large, segmented abdomen and wings.
Трутень	Самцы. Не работают. Единственная функция – скрещиваться с королевой.	 A close-up photograph of a drone bee, showing its wings and body.
Рабочий	Самки. Основные функции – сбор нектара, строительство сот и уход за яйцами, кормление трутней.	 A close-up photograph of a worker bee, showing its body and legs as it moves across a honeycomb.

Колониальность. Популяции как единый организм

Проявляется на всех уровнях эволюционного развития
Адаптации на уровне популяций!



Колонии миксобактерий:
сложная многоклеточная
структура,
взаимный таксис



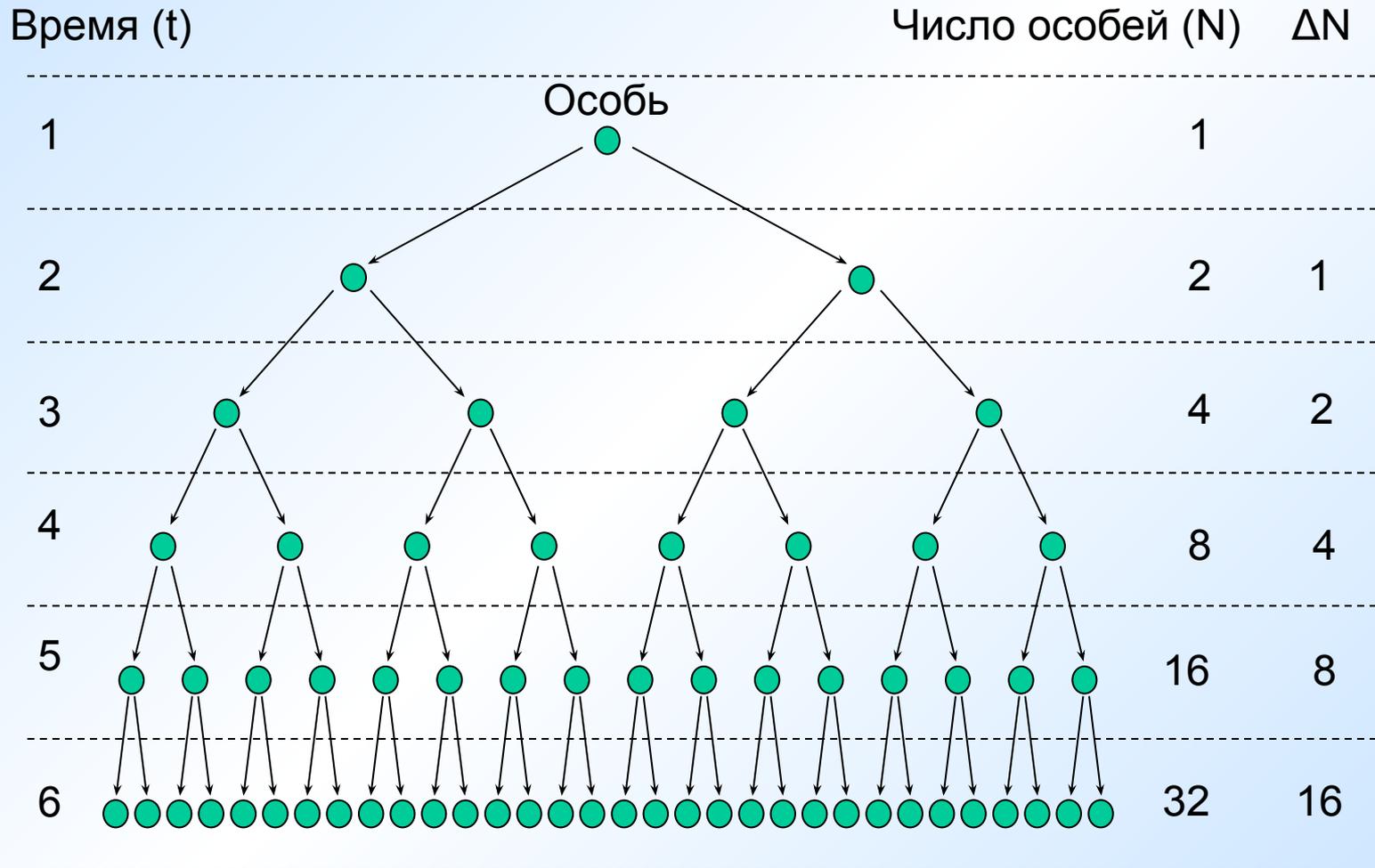
Volvox: агрегация до
уровня организмо-
подобной колонии



Колонии ластоногих –
сложная этологическая
структура

Экспоненциальный рост

Размножение удвоением через равные промежутки времени



$$N = 2^t$$

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{1}{2} N$$

$$\frac{dN}{dt} = \text{const} * N$$

О возможности геометрического роста численности организмов упоминали **Ж. Бюффон** и **К. Линней**, расчеты **Т. Мальтуса** оказали большое влияние на **Ч. Дарвина** и **А. Уоллеса** при формировании *концепции естественного отбора*.



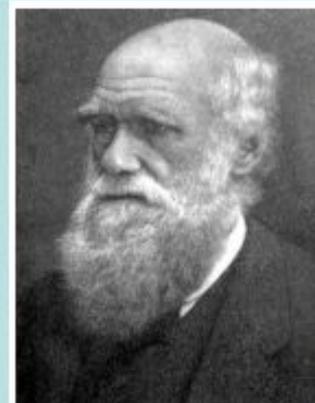
Бюффон
Жорж Луи Леклерк
Georges-Louis
Leclerc
Buffon (1707–1788)



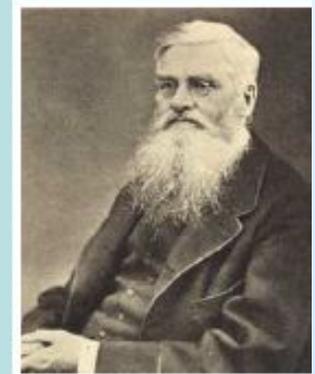
Карл Линней
Carl von Linné
(1707-1778)



Томас Мальтус
Thomas Robert
Malthus
(1766-1834)



Чарльз Дарвин
Charles Robert
Darwin (1809-1882)



Альфред Уоллес
Alfred Russel
Wallece
(1823-1913)

- Так, **Чарльз Дарвин** рассчитывал потенциальные возможности роста популяций разных организмов (по его оценкам, например, число потомков **пары слонов** – животных, размножающихся очень медленно, – через **750 лет** должно было бы достигнуть **19 миллионов**).



- Бактерия *Vacillus coli* делится каждые **20 минут**; при такой скорости размножения достаточно **36 часов**, чтобы этот одноклеточный организм покрыл **весь земной шар** сплошным слоем.

- А **одна** инфузория (*Paramecium caudatum*) могла бы за несколько дней произвести такое количество протоплазмы, которая по объему в **10 тысяч раз** превысила бы **объем земного шара**.
- Наконец, наибольшей интенсивностью размножения на Земле отличается, видимо, гриб дождевик гигантский – каждый его экземпляр способен давать по **7,5 миллиардов** (!) спор; если все споры пойдут в дело, то уже во **втором поколении** объем дождевиков в **800 раз** превысит объем нашей планеты...



Langermannia gigantea (Pers.) Rostk.
(*Calvatia gigantea*)

МОДЕЛЬ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО РОСТА Мальтуса

Одна из первых моделей динамики роста популяций, предложенная **Т. Мальтусом** в 1798 г.

Численность или плотность популяции $N(t)$ описывается уравнением:

$$\begin{aligned}dN / dt &= (B - D) \cdot N, \\ N(t) &= N_0 \cdot \exp(r \cdot t),\end{aligned}$$

где B – коэффициент рождаемости;
 D – коэффициент смертности популяции (постоянные величины или в общем случае они могут зависеть от времени t , численности или плотности популяции N).



Томас Роберт Мальтус
(Thomas Robert Malthus,
1766-1834)

Между величинами $r = B - D$ (скорость роста популяции; подчеркнем, что для экспоненциального роста $r = const$) и N очень часто наблюдается статистически достоверная **обратная зависимость**

(интересно отметить, что **единственная популяция, у которой отмечена статистически достоверная **положительная зависимость** этих параметров – это популяция человека!**).

Инвазии в Австралии – примеры экспоненциального роста популяции



Кролики, завезены в 1859 г.



Кактусы рода *Opuntia*



Белая улитка (*Theba pisana*)



Кудзу (*Pueraria lobata*)

Примеры экспоненциального роста

Инвазии в Австралии: www.invasives.org.au



The screenshot shows a web browser window with the title "Invasive Species Council - home page". The address bar contains the URL "http://www.invasives.org.au/index.htm". The website content includes a green header with the text "Invasive Species Council" and a navigation menu with links: "home", "photo gallery", "hot issues", "newsletters", "links", "join us", and "help". Below the header, there is a "back to cover" link, a red italicized phrase "working to stop further invasions", and a "Latest updates" section with links to "newsletter 1:8, December 2004", "support ISC's Priorities", "2004 ISC Froggatt Award", and "Invasive Species Forum". A main text block titled "a continent under threat" discusses the impact of invasive species in Australia. A green box on the right contains "Latest news" with a link to "Send an eCard" and a call to action: "Support our campaign to get the new Federal Ministers to close the gaping hole in our weed import process." Below this, it says "Join the [Invasive Action](#) email network for invasives campaigning."

Invasive Species Council

home | photo gallery | hot issues | newsletters | links | join us | help

[back to cover](#) *working to stop further invasions*

Latest updates

- [newsletter 1:8, December 2004](#)
- [support ISC's Priorities](#)
- [2004 ISC Froggatt Award](#)
- [Invasive Species Forum](#)

a continent under threat

Invasive species are a growing problem all over the world, and Australia, an isolated island state with a unique fauna and flora, is especially vulnerable. Over the years incredible harm has been done by such pests as foxes, rabbits, toads, carp, prickly pear, blackberries, rubber vine and the tree-killing disease phytophthora. At last count Australia had 2700 weed species and more than 200 marine invaders.

Latest news

[Send an eCard](#)

Support our campaign to get the new Federal Ministers to close the gaping hole in our weed import process.

Join the [Invasive Action](#) email network for invasives campaigning.

Примеры экспоненциального роста

Инвазии саранчи *Schistocerca gregaria*



МОДЕЛЬ ОГРАНИЧЕННОГО РОСТА ПОПУЛЯЦИИ

Модель в 1825 г. предложил английский актуарий (страховщик) и математик-самоучка **Бенджамин Гомпертц**, введя в уравнение Мальтуса следующую зависимость для разницы между коэффициентами рождаемости и смертности:

$$r(N) = r \cdot \ln(N / K) / \ln K ,$$

где K – предельное значение характеристики популяции, которое может быть достигнуто при ее росте ($r = \text{const} > 0$).

Это уравнение для оценки человеческой смертности до сих пор остается основой всех страховых вычислений.



Бенджамин Гомпертц
Benjamin Gompertz
(1779-1865)

МОДЕЛЬ ЛОГИСТИЧЕСКОГО РОСТА

Эмпирические исследования роста целого ряда популяций показали, что «насыщение» (достижение порогового значения K) происходит гораздо раньше, чем это следует из модели Гомпертца, и в 1835 г. бельгийскими статистиками **Л. Кетлэ** и **П. Ферхюльстом** была предложена модель роста народонаселения, переоткрытая в 1920 г. американцами **Р. Пирлом** и **Л. Ридом** и получившая наименование **модели Ферхюльста – Пирла**.

Каждое местообитания имеет ограниченные ресурсы для жизни вида – емкость среды.



Пьер-Франсуа
Ферхюльст
(1804-1849)

Модель Ферхюльста (1838 г.) — *логистическая (сигмоидная, S-образная) кривая*

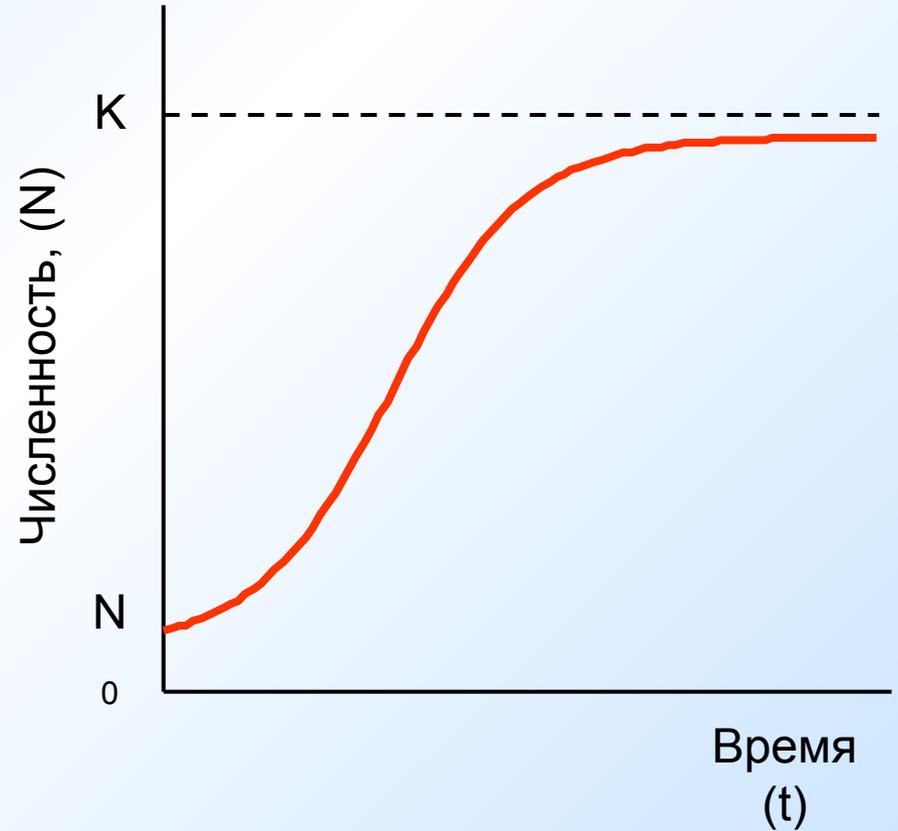
— характер роста популяции зависит от ее численности:
с увеличением последней скорость роста падает, а кривая приближается к поддерживающей емкости среды, и выходит на плато.

Логистический рост

Емкость среды (K) – максимально возможная численность популяции в данном местообитании

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(\frac{K - N}{K} \right)$$

$$N_t = \frac{K}{1 + ((K - N_0) / N_0) e^{-rt}}$$



Некоторые параметры способов роста популяции

ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ РОСТ	ЛОГИСТИЧЕСКИЙ РОСТ
Математическая формула: $dN/dt = rN_0$	Математическая формула: $dN/dt = rN_0 \times (K-N)/K$
Рост популяции с самого начала быстрый.	Рост популяции не столь быстрый.
Популяция начинает испытывать сопротивление среды почти в конце своего роста.	Популяция испытывает сопротивление среды с самого начала роста, и сопротивление пропорционально численности популяции.
Равновесная численность не достигается.	Равновесная численность достигается.

Внутренние процессы в изменяющейся популяции

$$N = N_0 + N_{\text{род}} - N_{\text{ум}} + N_{\text{эмигр}} - N_{\text{иммигр}}$$

N – число особей в популяции

N_0 – начальное число особей

$N_{\text{род}}$ – число родившихся

$N_{\text{ум}}$ – число умерших

$N_{\text{эмигр}}$ – число эмигрировавших

$N_{\text{иммигр}}$ – число иммигрировавших

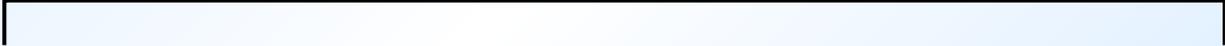
Скорость роста = рождаемость – смертность + скорость эмиграции – скорость иммиграции

Рождаемость

Абсолютная рождаемость - число новых особей, появляющихся в популяции за единицу времени.

Удельная рождаемость – средний прирост численности на особь за единицу времени.

Факторы, влияющие на рождаемость:



1. Доля особей, способных к размножению
- половая структура
- возрастная структура

2. Особенности жизненного цикла
- моноциклические – полициклические
- монокарпические – поликарпические

Репродуктивное усилие

Две альтернативы



Высокое репродуктивное усилие



Низкая рождаемость



Низкая смертность потомства



Низкое репродуктивное усилие



Высокая рождаемость



Высокая смертность потомства

Смертность

Абсолютная смертность - число особей, умерших за единицу времени.

Удельная рождаемость – средняя доля особей, умерших за единицу времени.

Факторы, влияющие на смертность:

1. Генетическая и физиологическая полноценность особей
2. Влияние неблагоприятных условий среды
3. Биотические взаимодействия (хищники, паразиты, аменсалы)



Зависят от стадии онтогенеза!

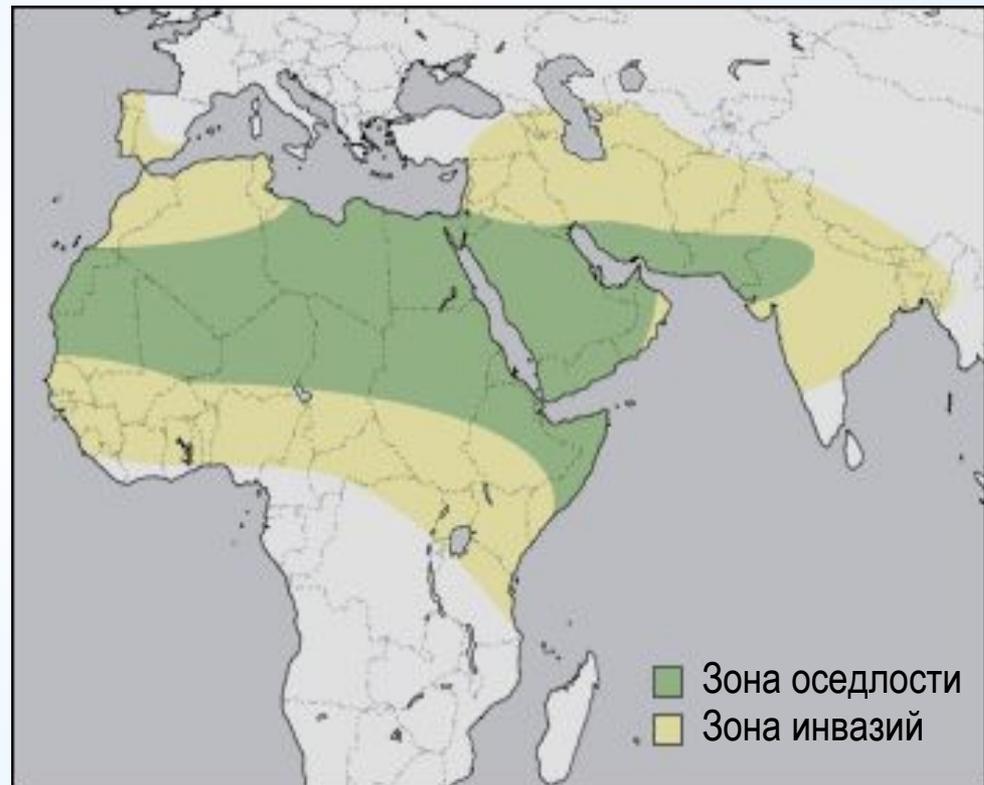
Нашествия саранчи – регуляции численности миграцией

При массовом размножении часть популяции переходит в стадную форму, не способную к размножению и иммигрирует. Миграции – механизм снятия перенаселенности

Оседлая форма



Мигрирующая форма

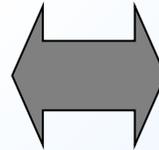


Экологические стратегии

Мы видим полярность между питанием, поддержанием организма с одной стороны, и деторождением – с другой; и смотря по перевесу того или иного отправления, порода поддерживается или быстрым размножением, или долговечностью особей, но никогда обоими вместе.

Н.А.Северцов, 1855

Стратегия большого числа потомков с
высокой смертностью



Стратегия малого числа потомков с
высоким выживанием

К- и r-отбор



Стратегия большого числа потомков с высокой смертностью



Стратегия малого числа потомков с высоким выживанием

Признак	r-отбор	К-отбор
Смертность	Не зависит от плотности	Зависит от плотности
Конкуренция	Слабая	Острая
Продолжительность жизни	Короткая	Долгая
Скорость развития	Быстрое	Медленное
Сроки размножения	Ранние	Поздние
Репродуктивное усилие	Слабое	Большое
Тип кривой выживания	Вогнутая	Выпуклая
Размер тела	Мелкий	Крупный
Характер потомства	Много, мелкие	Мало, крупные
Размер популяций	Сильные колебания	Постоянный
Предпочитаемая среда	Изменчивая	Постоянная
Стадии сукцессии	Ранние	Поздние

Управление природными популяциями

```
graph TD; A[Управление природными популяциями] --> B[Контроль численности]; B --> C[Подавление]; B --> D["Поддержание (охрана)"]; B --> E[Обеспечение роста];
```

Контроль численности

Подавление

Поддержание
(охрана)

Обеспечение
роста

Популяции - заключение

1. Популяция - группа сходных особей (одного вида) в определенном пространстве
2. Популяция – особый уровень организации жизни. Два аспекта:
 - 1) эволюционно-таксономический (совокупность популяций – вид),
 - 2) функциональный (элементарная единица биоценоза).
3. Существуют формальный и неформальный подходы к выделению популяций (любая совокупность, население ↔ целостная система)
4. Разные популяции – отличаются по структуре (численность, пространственная, половая, возрастная, этологическая).
5. Изменение популяций во времени - можно описать простыми уравнениями (экспоненциальный и логистический рост)
6. На уровне популяций возникают разные типы отбора (стратегии): как можно быстрее ↔ как можно надежней
7. Существуют механизмы саморегуляции популяций (гомеостаз). По принципу обратной связи (факторы, зависящие от плотности).