

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО

Курс лекций

Профессор Александр Владимирович Олескин

Кафедра общей экологии и гидробиологии

Биологический факультет

Московский государственный Университет

aoleskin@rambler.ru и oleskin@yandex.ru

Тел. 89035072258, сайт biopolitika.ru



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Глобальная экология: Концептуальные основы. — К: Издательство СПД Павленко, 2010. — 496 с.
2. С.Н. Ляпустин, В.В. Сонин, Н.С. Барей. Правовые основы охраны природы: учебное пособие. Всемирный фонд дикой природы (WWF), Амурский филиал; Российская таможенная академия, Владивостокский филиал. — Владивосток: Изд-во «Апельсин», 2014. — 216 с.
3. Huggett R. J. Global Ecology. Ecology. Vol. 1. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).
4. Lazarus R. [*The Making of Environmental Law. Cambridge: Cambridge Press. 2004*](#)
5. Олескин А. В. Биополитика. Курс лекций. — Научный мир Москва, 2007. — 356 с.
6. Олескин А. В. Сетевые структуры в биосистемах и человеческом обществе. — М.: УРСС, 2019. — 304 с.
7. Oleskin A. V. *Biopolitics. The Political Potential of the Life Sciences*. Hauppauge (New York): Nova Science Publ. 2012.

МОДУЛЬ 1. ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ. УРОВНЕВАЯ СТРУКТУРА ЭКОСИСТЕМ

ЛЕКЦИЯ 2. Уровневая структура экосистем

Общая тенденция: экспоненциальное уравнение

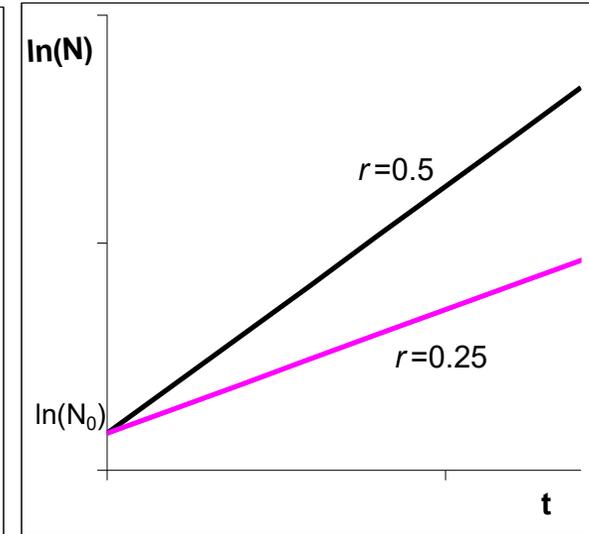
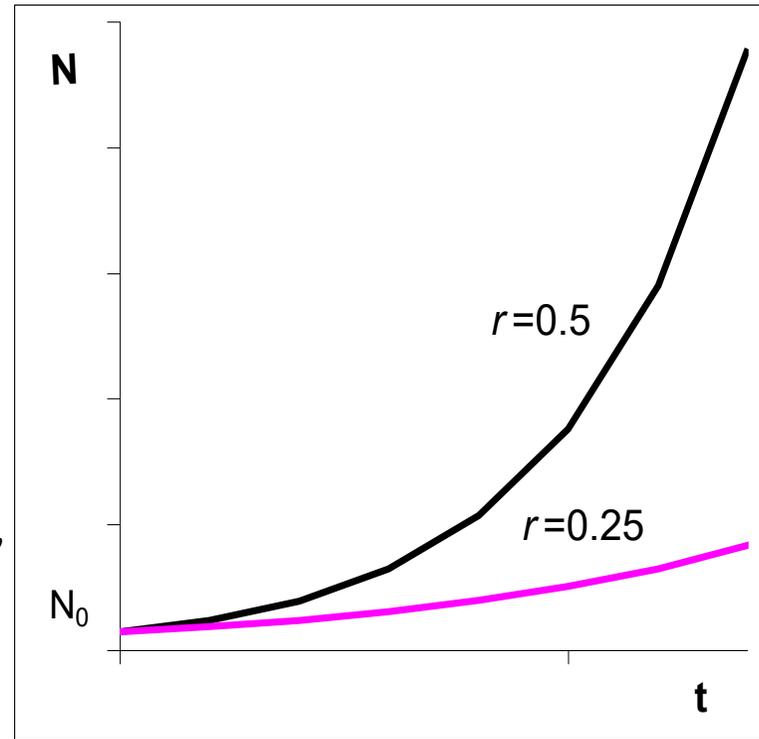
$$\frac{dN}{dt} = rN$$

$$N(t) = N_0 e^{rt}$$

r , удельная скорость роста, или биотический потенциал (Мальтузианский параметр),

t , время

N , количество клеток (особей)



$$N(t_2) = N(t_1) e^{r(t_2 - t_1)}$$

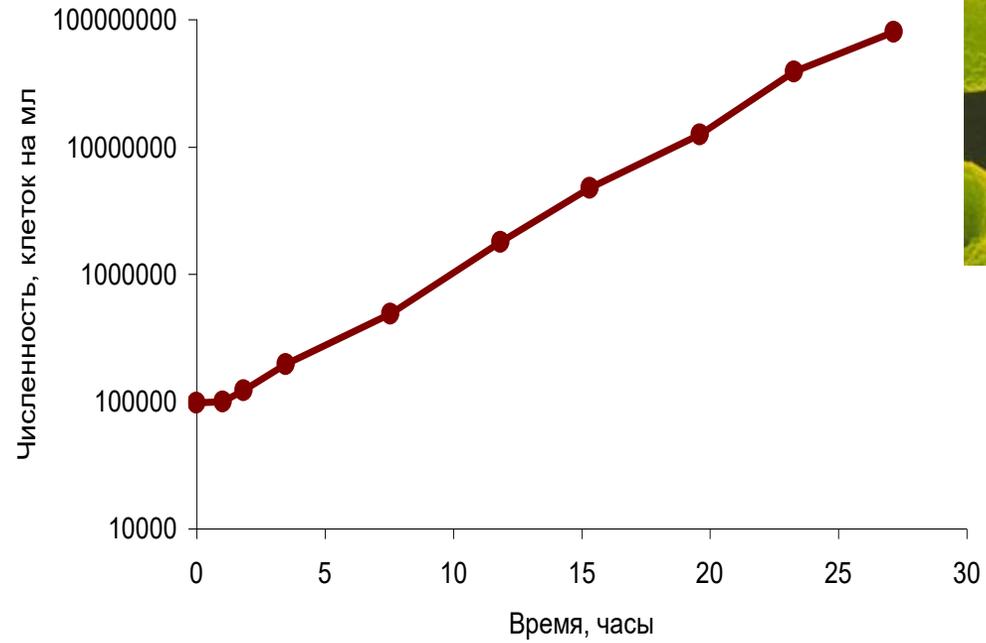
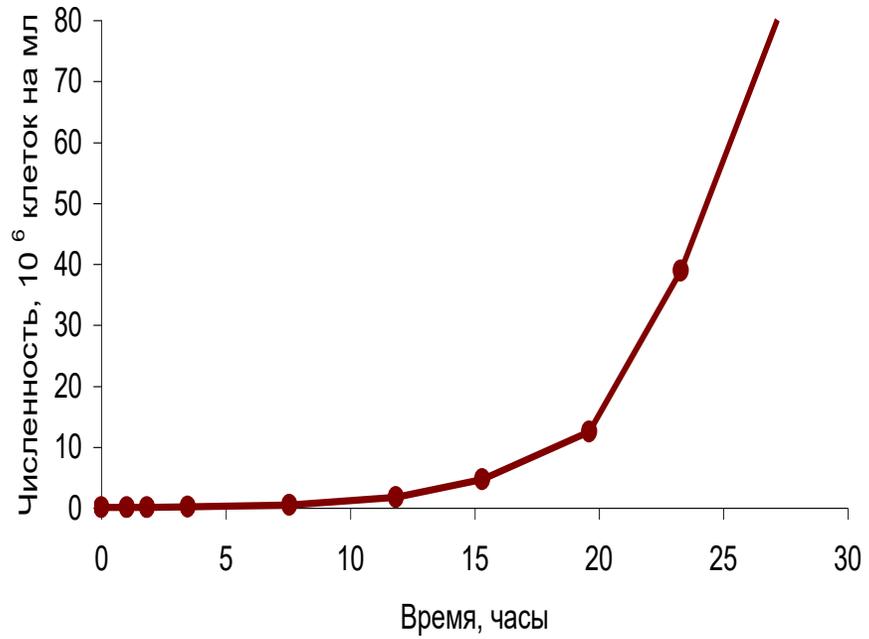
$$r = \frac{\ln(N(t_1) / N(t_2))}{t_2 - t_1}$$

Томас Мальтус (1766-1834)



- Священнослужитель и экономист
- Очерк о принципе народонаселения (1798)
- Применение концепции геометрической прогрессии к анализу прироста населения

Экспоненциально растущие системы. Пекарские дрожжи на пивном сусле.

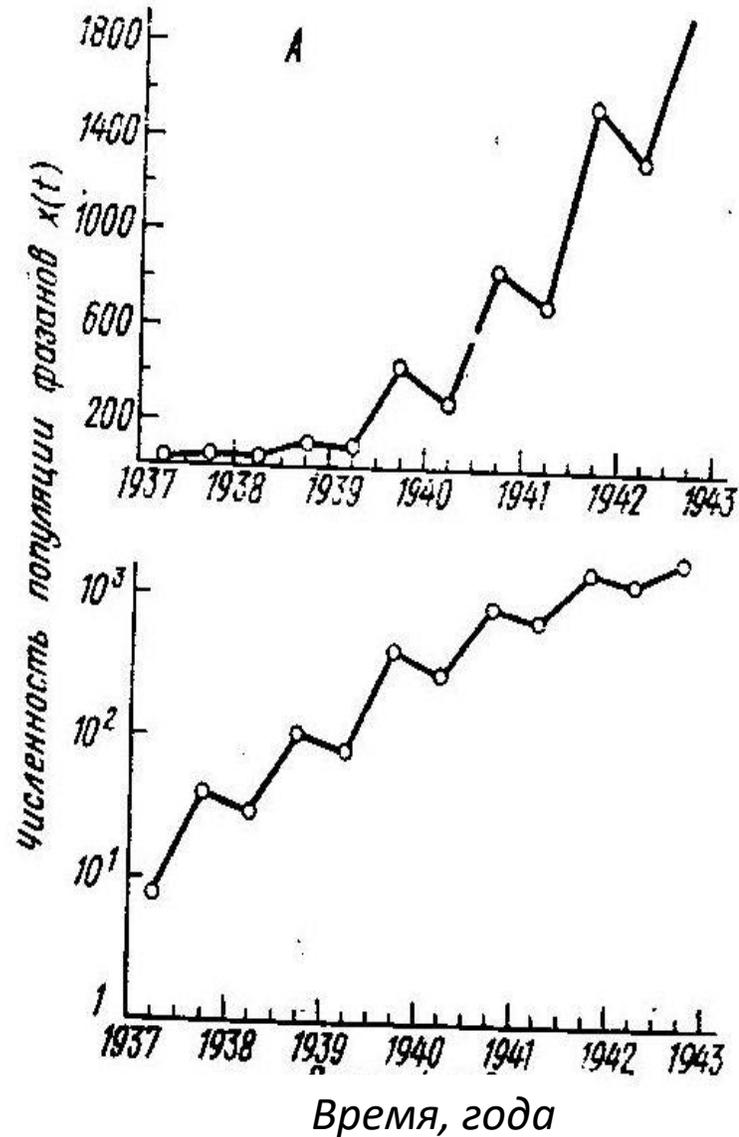


Обыкновенный фазан, Охраняемый остров (США)

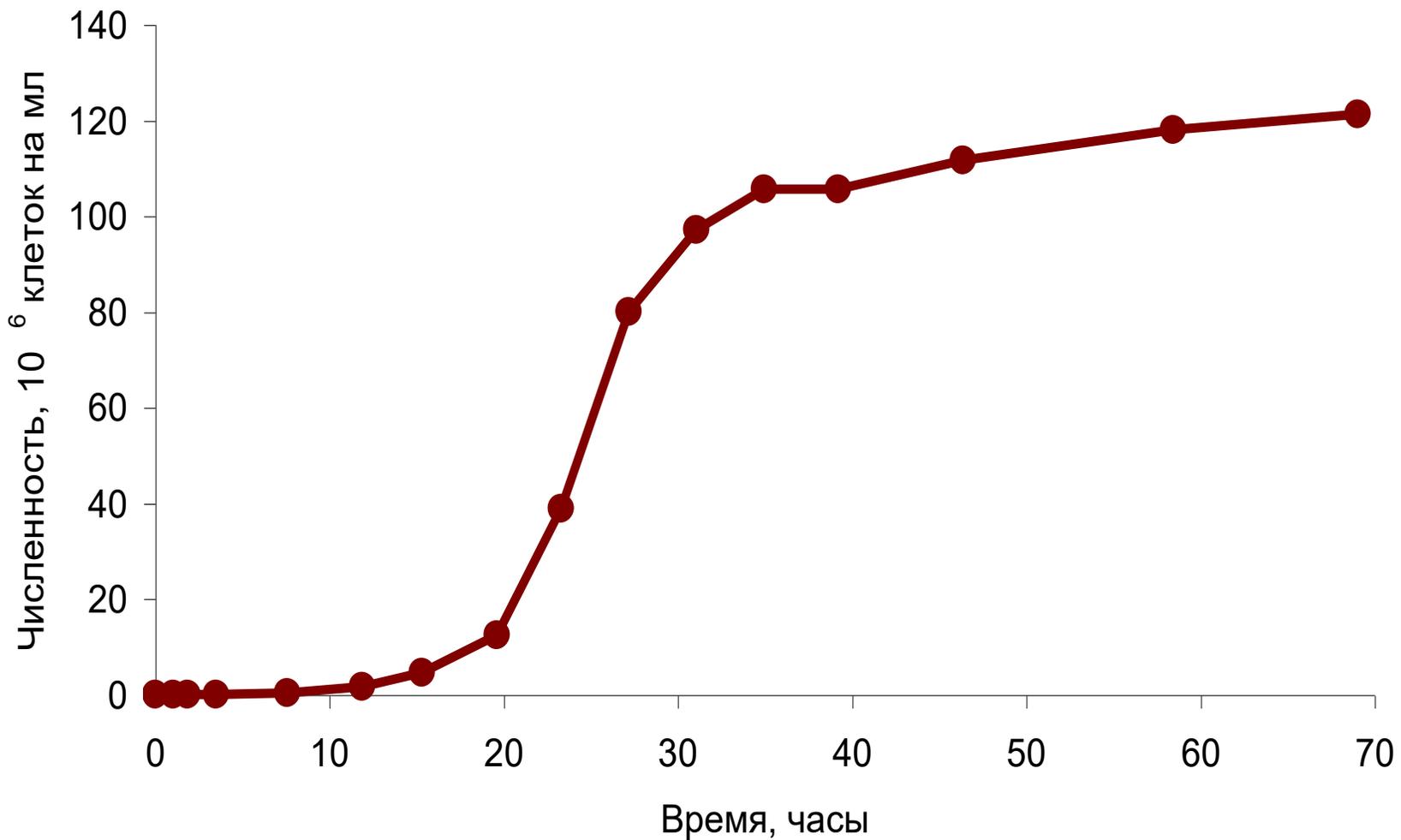
Размер популяции фазана x время



$$r \approx 1.2 \text{ года}^{-1}$$



Динамика численности популяции дрожжей



Логистическое уравнение

Исходные предположения для вывода уравнения при рассмотрении популяционной динамики выглядят следующим образом:

- скорость размножения популяции пропорциональна её текущей численности, при прочих равных условиях;
- скорость размножения популяции пропорциональна количеству доступных ресурсов, при прочих равных условиях.

Таким образом, второй член уравнения отражает конкуренцию за ресурсы, которая ограничивает рост популяции.

Обозначая через N численность популяции, а время — t , модель можно свести к дифференциальному уравнению: $dN/dt = rN(1-N/K)$,

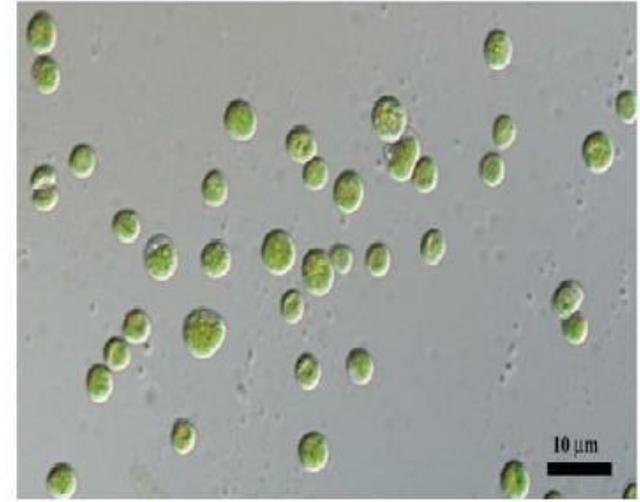
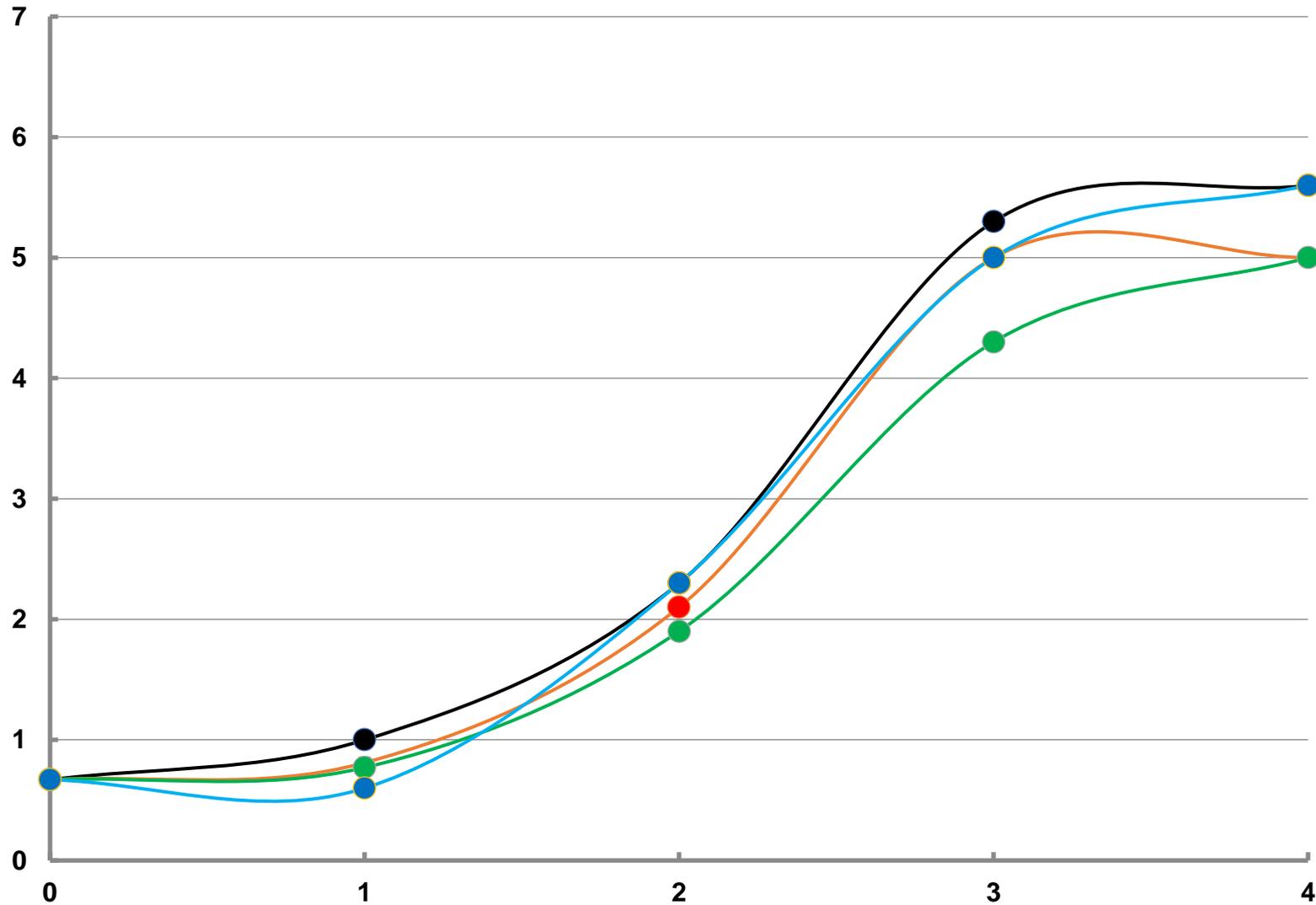
где параметр r характеризует скорость роста (размножения), а K — поддерживающую ёмкость среды (то есть, максимально возможную численность популяции). Исходя из названия коэффициентов, в экологии часто различают две стратегии поведения видов:

- r -стратегия предполагает бурное размножение и короткую продолжительность жизни особей;
- K -стратегия — низкий темп размножения и долгую жизнь.

Точным решением уравнения (где P_0 — начальная численность популяции) является **логистическая функция**, S-образная кривая (логистическая кривая):

$$P(t) = KN_0 e^{rt} / (K + N(e^{rt} - 1))$$

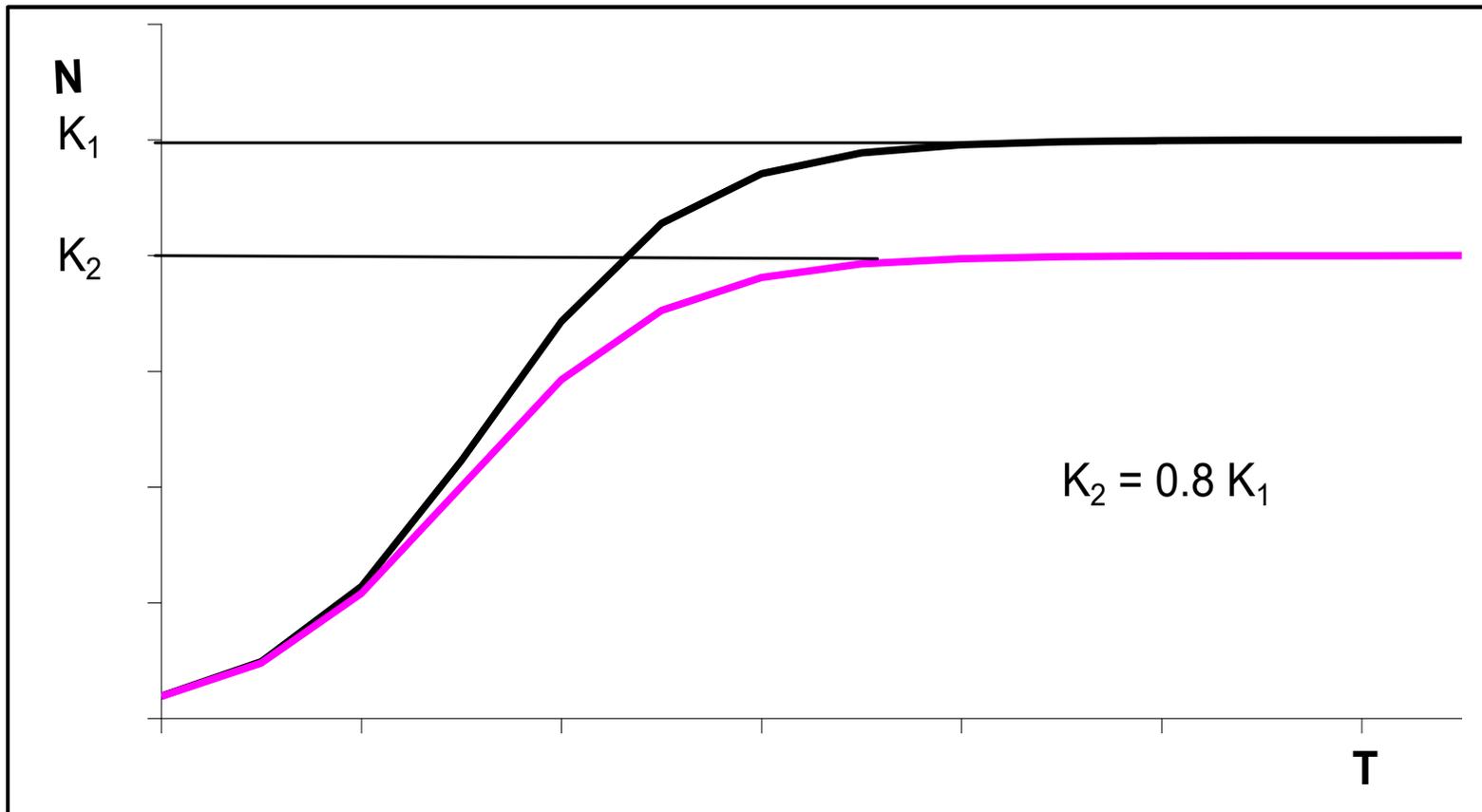
Эксперимент с зеленой водорослью *Chlorella reinhardtii* в фотоаэробных условиях с 0,1 мМ нейрхимическими веществами (ось абсцисс – время в сутках, ось ординат – количество клеток в 1 мл)



Логистическое уравнение

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

$$N(t) = \frac{KN_0e^{rt}}{K - N_0 + N_0e^{rt}}$$



Пьер Франсуа Ферхюльст (1804-1849)

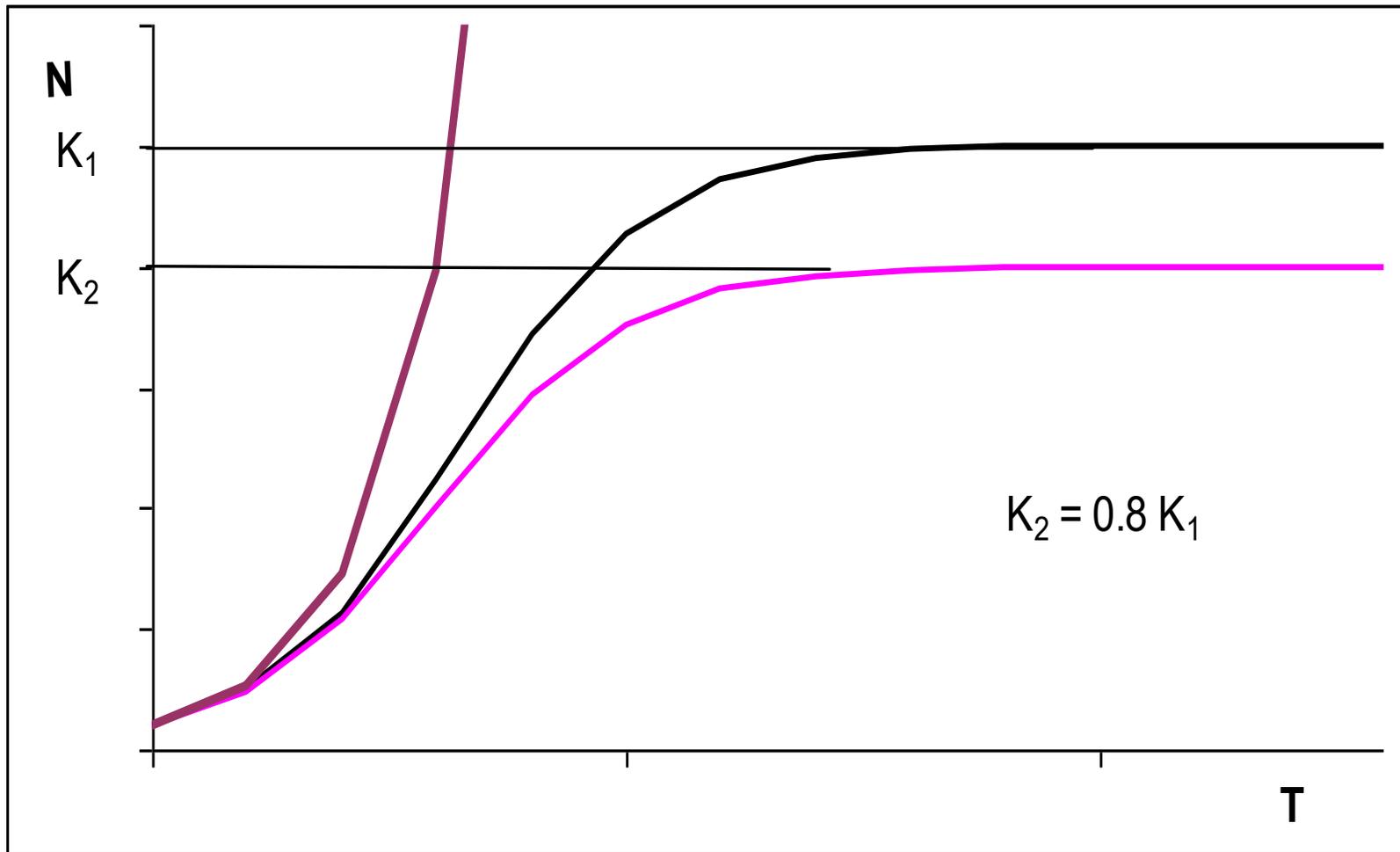


Бельгийский математик, профессор Брюссельского университета разработал логистическое уравнение для прогнозирования динамики численности населения (1838).

Прогноз численности населения Бельгии (9,4 млн человек).

Фактическое население Бельгии в настоящее время: 10,8 миллиона человек.

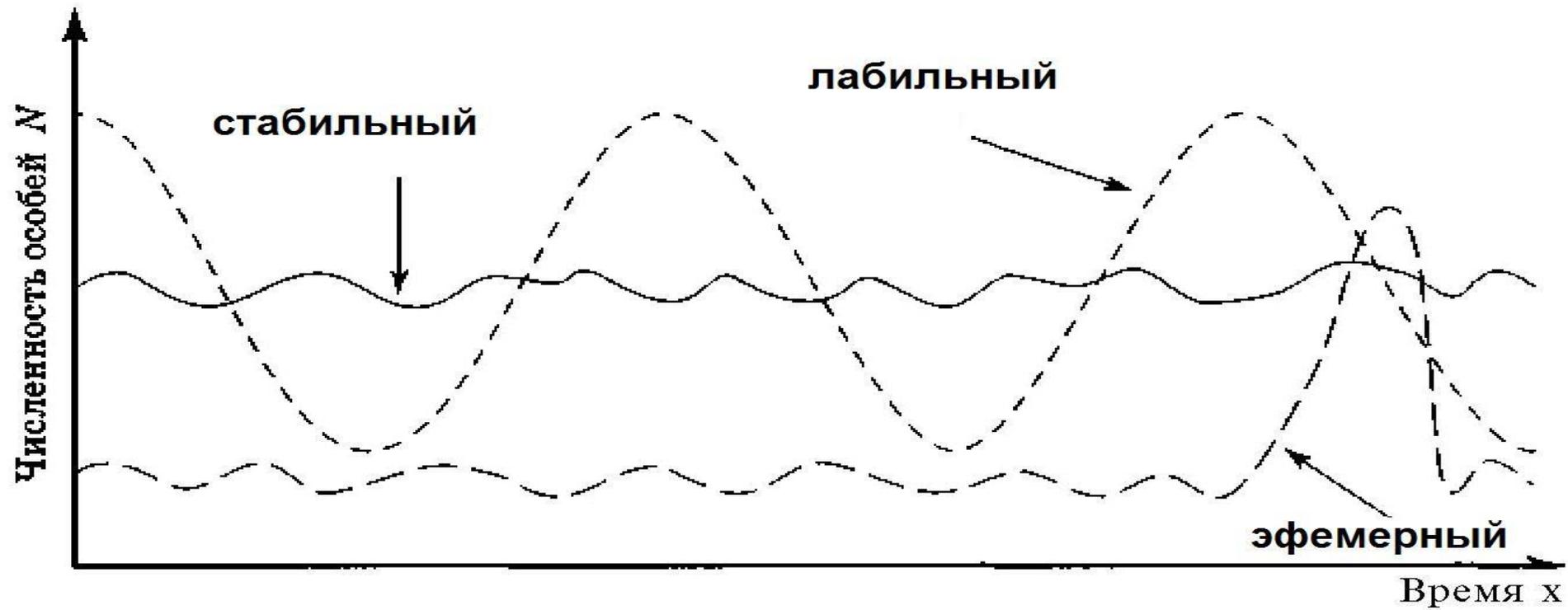
Экспоненциальное и логистическое уравнение с одинаковым значением r



Взаимосвязь между рождаемостью / смертностью и численностью популяции обусловлена следующими факторами:

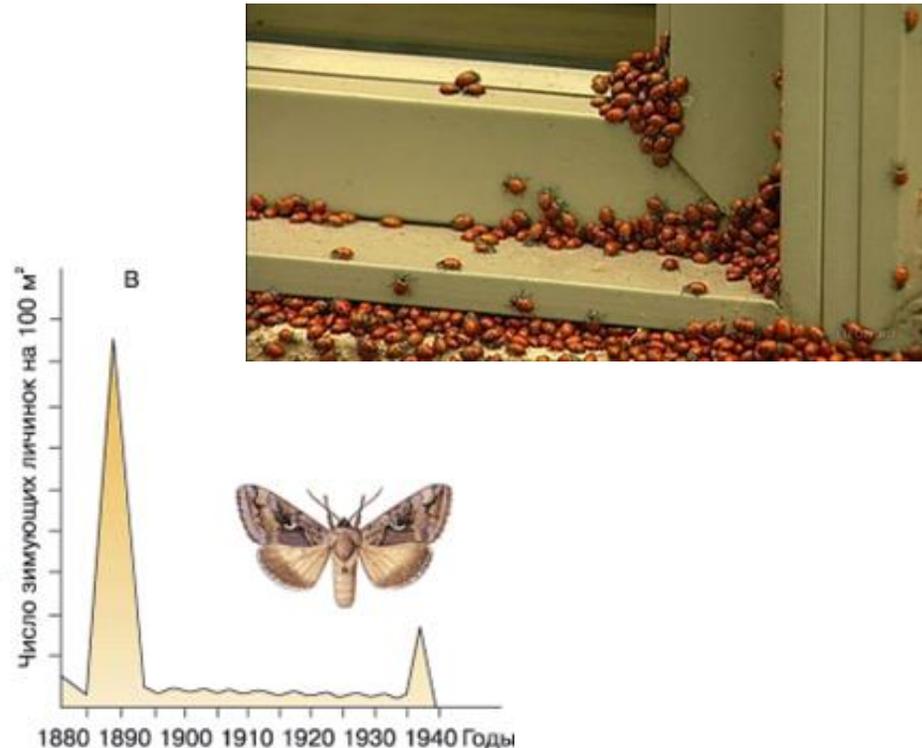
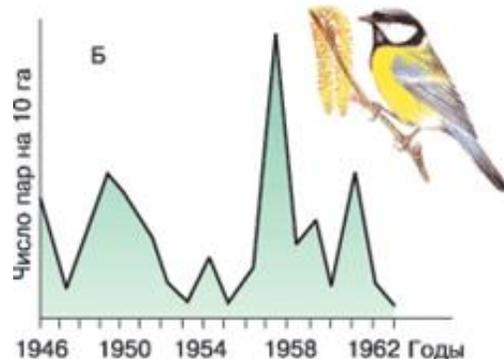
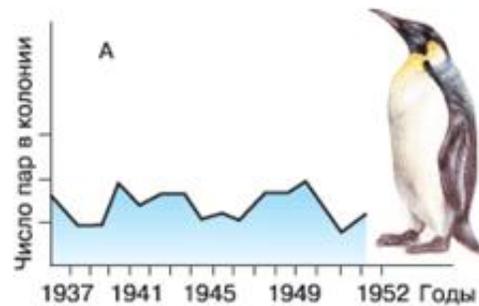
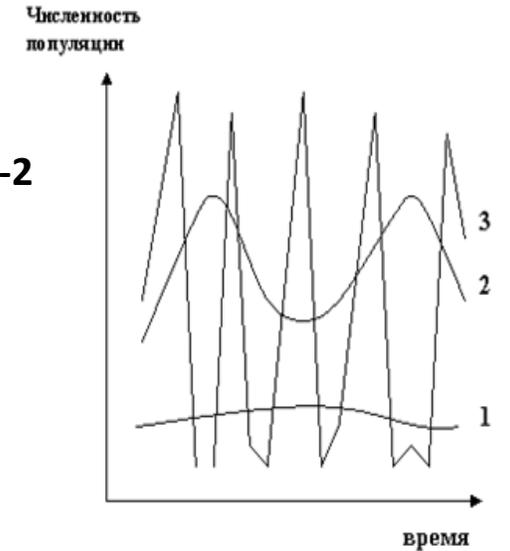
- 1) Ухудшение состояния здоровья людей в результате нехватки ресурсов (продуктов питания, биогенных элементов и др.).
- 2) Накопление вредных продуктов метаболизма.
Пример: дрожжи.
- 3) Высвобождение токсина. Пример: цианобактерии.
- 4) Выделение газов, например, этилхинона. Пример: мучные жуки *Tribolium*.
- 5) Каннибализм (гуппи).
- 6) Увеличение количества брошенных кладок (аисты, фазаны).
- 7) Повышение уровня гормонов стресса (грызуны).
- 8) Миграция, приводящая к массовому вымиранию (кузнечики, лемминги).

Закономерности динамики численности популяции



Закономерности колебаний численности популяции

1. Стабильная (А), малая амплитуда колебаний численности популяции.
2. Лабильная (флуктуирующая) (Б), изменения численности популяции превышают 1-2 порядка величины.
3. Эфемерная, с взрывными периодами роста (В).



Различные закономерности динамики численности насекомых



Стабильная (бабочка Лимонница обыкновенная)



Лабильная
(бабочка Павлиний глаз)

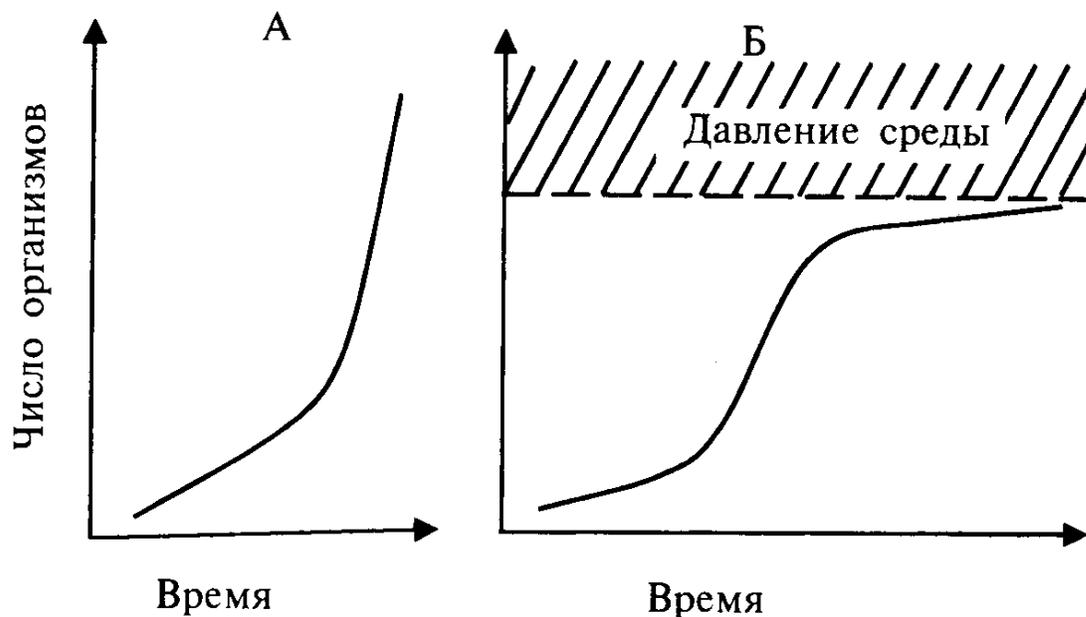
Эфемерная
(Непарный шелкопряд)



СТРАТЕГИИ ВЫЖИВАНИЯ ПОПУЛЯЦИИ

Как предположил МакАртур (1967), выживание и успех размножения также возможны:

- если индивидуумы улучшают свою адаптивность и конкурентоспособность: это **стратегия К**.
- если коэффициент воспроизводства максимизирован, то этого достаточно для компенсации возросшего уровня смертности, позволяющего восстановить первоначальную численность популяции в критических условиях: **это стратегия r**.



Классификация жизненных стратегий

Роберт МакАртур (1967) : *r* и *K* стратегии

Стратегия *r* направлена на максимизацию темпов воспроизводства.

1. Быстрое занятие имеющихся площадей.
2. Высокий миграционный потенциал.
3. Отсутствие заботы о потомстве.
4. Много мелкого потомства.
5. Быстрое индивидуальное развитие.
6. Короткая продолжительность жизни.
7. Высокий миграционный потенциал.

Вопрос к студентам: Пример *r* – стратегии из Вашей научной области?

Классификация жизненных стратегий

Роберт МакАртур (1967) : *r* и *K* стратегии

Стратегия *K* направлена на максимальное занятие имеющихся ниш.

1. Повышение численности популяции до порогового уровня после перехода в подходящую среду обитания.
2. Вытеснение других видов.
3. Воспитание потомства.
4. Генерация небольшого количества потомства относительно крупного размера.
5. Медленное индивидуальное развитие.
6. Большая продолжительность жизни.
7. Низкий миграционный потенциал.

Осина, *r* стратегия; дуб, *K* стратегия



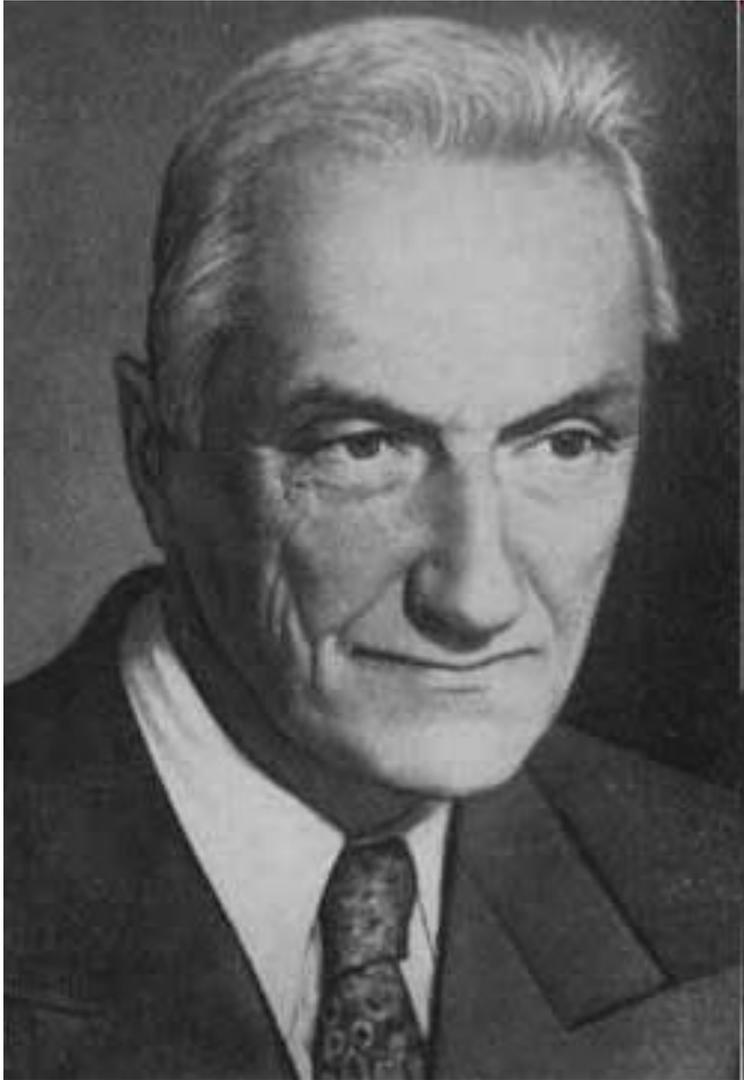
Полевка- *r* стратегия; бобр-*K* стратегия



В работе **"Пределы роста"**, опубликованной Римским клубом в 1972 году, Д. Мидоуз (D. Meadows) и другие предложили остановить рост человеческого населения (сценарий **нулевого роста**). Согласно Дж. Кэрнсу (J. Cairns) (2001, 2006), человечество должно заменить существующий **взрывной, экспоненциальный** сценарий роста на другой, **пульсирующий** (Odum et al., 1995) сценарий, соответствующий характеру роста, характерному для биосферы. "Система жизнеобеспечения планеты была превосходной моделью устойчивости, которой люди должны подражать" (Cairns, 2006, p. 77).

3. Ассоциация, или сообщество, группа взаимодействующих популяций различных видов, которые образуют согласованную систему, расположены в одной и той же области (например, все одноклеточные животные, живущие в одном водоеме, образуют сообщество) и выполняют одну и ту же экологическую роль в экосистеме.

Леонтий Григорьевич Раменский (1884—1953)



1935: экологическая
классификация видов:

**Виоленты
(Львы)**



**Эксплеренты
(шакалы)**



**Патиенты
(верблюды)**



Стратегии растений по Раменскому:

Виоленты энергично развиваются, занимают имеющуюся территорию и контролируют ее, подавляя своих конкурентов за счет истощающего использования всех имеющихся ресурсов; они используют стратегию К.



Пациенты выживают потому, что могут адаптироваться к экстремальным условиям окружающей среды, примером чему служат ксерофиты (овечья овсяница) и теневыносливые растения (кислица).



Эксплеренты характеризуются низкой конкурентоспособностью, но могут быстро заполнять пространство между областями, занятыми более сильными конкурентами; они используют стратегию г.



Треугольник Джона Грайма

Виды-конкуренты. Конкуренция может происходить между особями одного и того же вида, это внутривидовая конкуренция, или между различными видами, это межвидовая конкуренция.

Стрессоустойчивые виды существуют в условиях высокого стресса, включая засушливые, арктически-альпийские, затененные и малопитательные среды обитания.

Рудеральные виды обычно доминируют на нарушенной территории в течение нескольких лет, постепенно проигрывая конкуренцию другим аборигенным видам. Однако в экстремальных условиях нарушения, например, когда естественный верхний слой почвы покрыт инородным веществом, может образоваться рудеральное сообщество одного вида.

Треугольник Джона Грайма (John Gryme)(1979)



Система классификации по Раменскому-Грайму



Конкурент
(Дуб)



Стресс-толерантный
(Солерос)



Рудерал
(Кресс-салат)

4. **Экосистема** – “любая единица, включающая в себя все организмы в данной области, взаимодействующие с физической средой таким образом, что поток энергии приводит к четко определенной трофической структуре, биотическому разнообразию и материальным циклам (то есть обмену материалами между живыми и неживыми частями) внутри системы” (Odum, 1971). **Экосистема перерабатывает материальные ресурсы и поэтому напоминает космический корабль.** Огромные экосистемы, занимающие целую природную зону, такие как тундра, степь или пустыня, называются **биомами**.

Коралловый риф: почти полностью замкнутая экосистема, перерабатывающая органические вещества



Экосистема подобна космическому кораблю. Она имеет тенденцию перерабатывать все органические вещества, которые она использует, и зависит только от внешнего источника энергии, например, солнечного света.

Экосистемный цикл органического вещества включает три основные стадии, которые осуществляются тремя основными компонентами экосистемы: продуцентами (производителями), консументами (потребителями) и редуцентами (восстановителями).

Трофические связи

Трофические уровни:

- **Продуценты синтезируют органические вещества.**
- **Консументы используют их.**
- **Редуценты расщепляют их до неорганических веществ, которые могут быть переработаны.**



Продуценты синтезируют органические вещества из неорганических

Фотоавтотрофы: Археи, эубактерии, растения (водоросли и высшие растения)



Хемоавтотрофы: Археи, эубактерии



Консументы используют органические вещества

Потребители первого порядка
питаются производителями



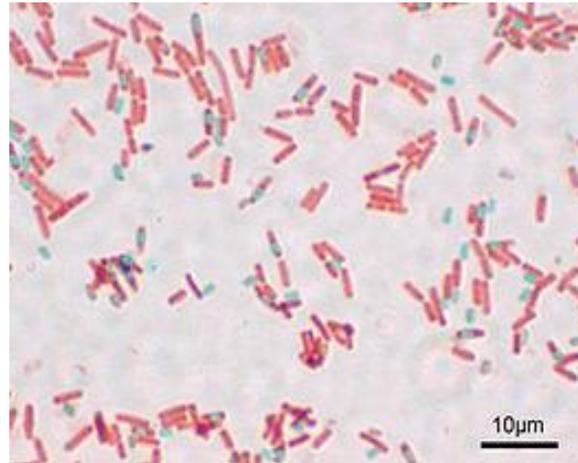
Потребители второго порядка -
питаются потребителями
первого порядка



Потребители третьего порядка
питаются потребителями
второго порядка

Редуценты разлагают остатки мертвых организмов и органические вещества, выделяемые живыми организмами

- Археи и эубактерии

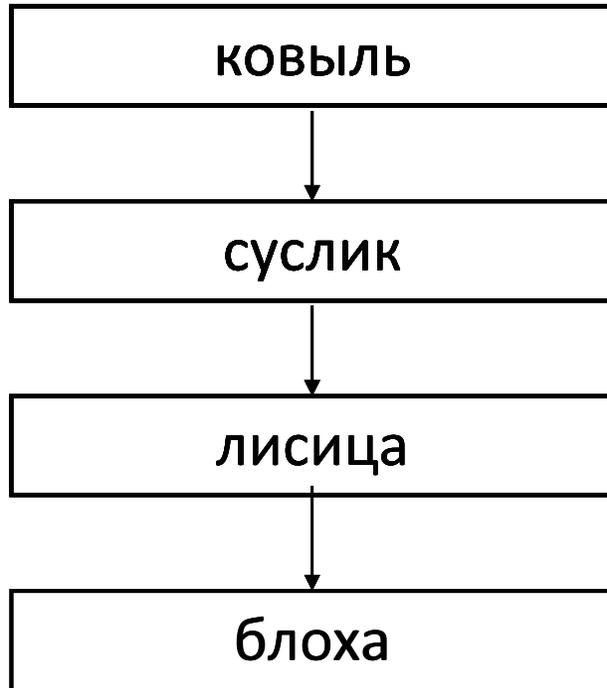


- Грибы



Трофическая цепь: последовательность трофических уровней

Пастбищные цепи



Детритные цепи



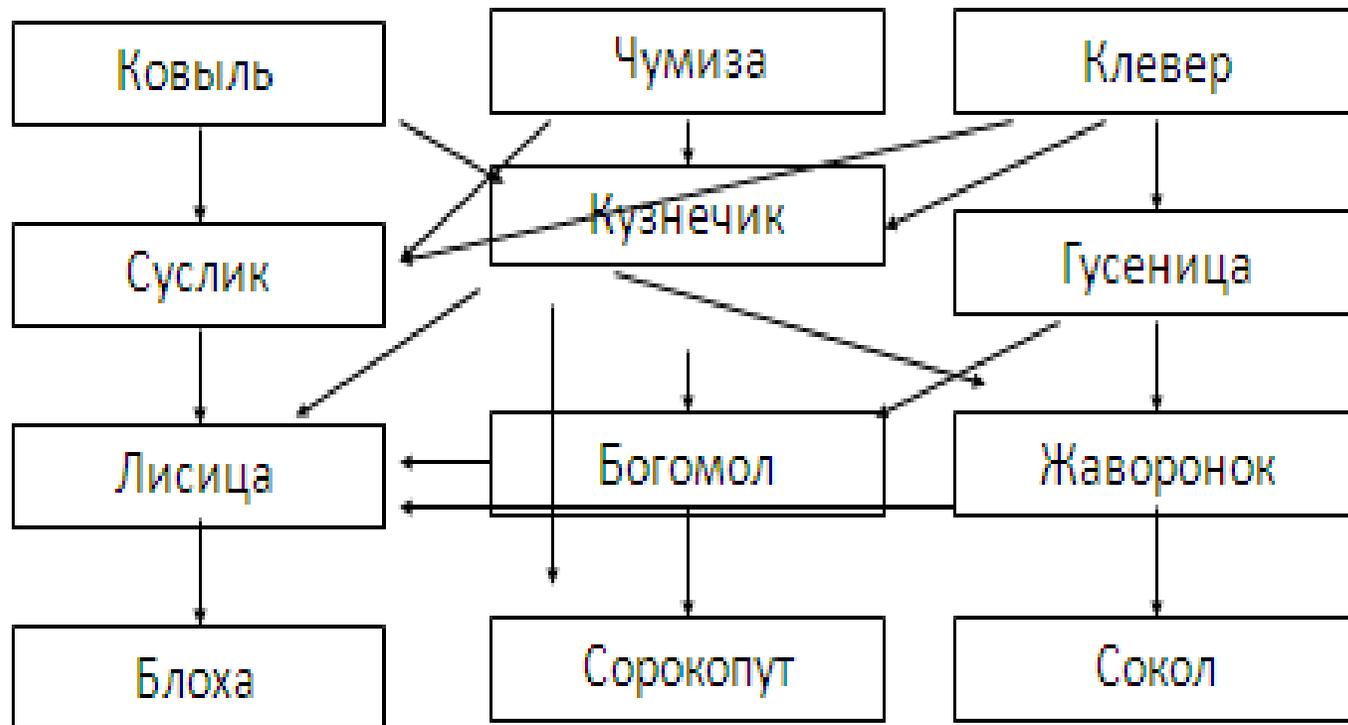
Детрит (путь деградации).

Органические вещества мертвых организмов, если они не находятся в растворенном состоянии, называются детритом; этот же термин применяется к веществам, выделяемым живыми организмами. Они содержат достаточное количество энергии и субстратов для использования детритофагами и редуцентами, то есть бактериями и грибами, которые разлагают органические вещества.



Редуценты играют важную роль в обмене веществ между экологическим сообществом и окружающей средой. Разложение веществ редуцентами снабжает окружающую среду неорганическим материалом. Это необходимо для растений, которые не могут утилизировать готовые органические вещества. Редуценты необходимы для осуществления круговорота вещества и энергии в экосистемах.

Трофическая сеть, совокупность трофических цепей в экосистеме



5. **Биосфера**, “вся область, в которой существует или когда-то существовала жизнь, то есть где встречаются живые организмы или продукты их жизнедеятельности” (Воронков, 2000, с. 33).

