

# ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Лекции – 30-34 ч.

**Гребенчикова Ирина Александровна**

ст. преп. кафедры биотехнологии и биоэкологии

Корп. 3 к. 311

**Зачет**

# Список рекомендуемой литературы

1. Радкевич В.А. Экология. Мн.: Выш. шк., 1997.
2. Маврищев В.В. Основы экологии. Мн.: Выш. шк., 2003.
3. Маврищев В.В. Общая экология. Курс лекций. Мн.: Новое знание, 2007.
4. Собещук О.П. Основы экологии: тексты лекций для студентов экономических специальностей. Мн.: БГТУ, 2005.
7. Киселев В.Н. Основы экологии. Мн.: Университетское, 1998.

Материалы по курсу «Экология» проф. кафедры биологии почв  
ф-та почвоведения МГУ, д. б. н. Ивана Юрьевича **Чернова**

[http://www.soil.msu.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1019&Itemid=60](http://www.soil.msu.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=1019&Itemid=60)

(адрес сайта ф-та почвоведения МГУ со ссылкой на адрес материалов)

# Вопросы

1. Зарождение экологии. Период накопления и систематизации фактического материала (с древних времен до второй половины XIX в. (1-4 этапы)).
2. Период доминирования аутэкологического направления. Развитие биоценологии, популяционной экологии (со второй половины XIX до середины XX в. (5 этап)).
3. Период биогеоценологических исследований (40-70 гг. XX века (6 этап)).
4. Современные направления и задачи экологии (7 этап).

# Происхождение слова

«ЭКОЛОГИЯ» = «oikos» + «logos»  
(греч.) (греч.)  
дом, жилище, наука,  
местообитание учение

Как биологическая дисциплина возникла в середине XIX в.

Термин ввел Э. Геккель, 1866 г.

Превратилась в самостоятельную науку на стыке XIX и XX вв.

# Наскальная живопись



Проблемы первобытных людей в своей сущности были экологическими.

# Первый этап развития экологии

**Период: много веков до н.э. – первые века н.э.**

Примитивные знания, накопление фактического материала.

**100-150 тыс. лет назад.**

Древние охотники. Разные виды животных связаны с определенными условиями, что их численность зависит от урожая семян и плодов.

**10-15 тыс. лет назад.**

Первые земледельцы. Зависимость растений от внешних условий.

**5 тыс. лет назад.**

Древний **Египет, Китай и Индия.** Севооборот сельскохозяйственных культур.

**VI-II вв. до н.э.**

Древнеиндийские памятники литературы «**Рамаяна**» и «**Махабхарата**».

Сведения о повадках и образе жизни 50 животных, изменения численности животных, сведения об охотничьих запретах.

# Второй этап развития экологии

**Период: I – III вв. до н.э. – XIV в. н.э.**

Накопление фактического материала античными учеными.

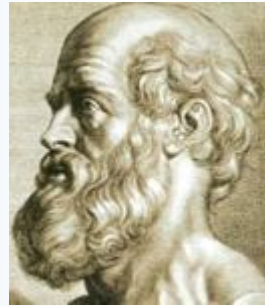
Средневековый застой.

# Древний мир



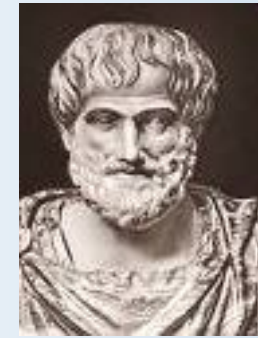
Эмпедокл  
(ок. 490 - 430 гг. до н.э.)

Связь растений с условиями существования, их зависимость от окружающего мира



Гиппократ  
(460 – 375 лет до н.э.)

Идеи о влиянии факторов среды на здоровье людей



Аристотель  
(384-322 гг. до н.э.)

**«История животных»**

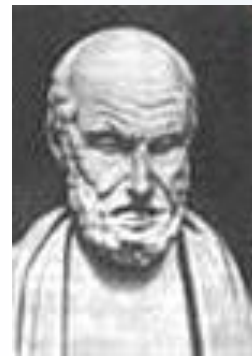
Классификация по образу жизни, способу питания



**«Естественная история»  
«Философия природы»**

Многие явления природы характеризуются с подлинно экологических позиций

Плиний Старший  
(ок. 23–79 н.э.)



**«Исследования о ботанике»**

Сведения о зависимости формы и особенностей роста растений от почвы и климата

Теофраст  
(372-287 гг. до н. э.)



# Третий этап развития экологии

**Период: с XIV по XVIII вв.  
включительно.**

Продолжение сбора и первые попытки систематизации колоссального фактического материала, накопленного после средневекового застоя с началом с великих географических открытий XIV и XVI вв. и колонизацией новых стран – в эпоху Возрождения.

# Биология до экологии

До середины XIX в. в центре внимания – морфология организма

Основное содержание биологии – разнообразие форм живых организмов

Эпоха Великих географических открытий XV – XVII вв.



Знакомство с многообразием живых организмов



Развитие систематики



Христофор Колумб  
(1451-1506)



Васко да Гама  
(1469-1524)



Фернандо Магеллан  
(1480-1521)



# Биология до экологии



Джон Рей  
(1627–1705)

Первая  
естественная  
система растений



Роберт Бойль  
(1627–1691)

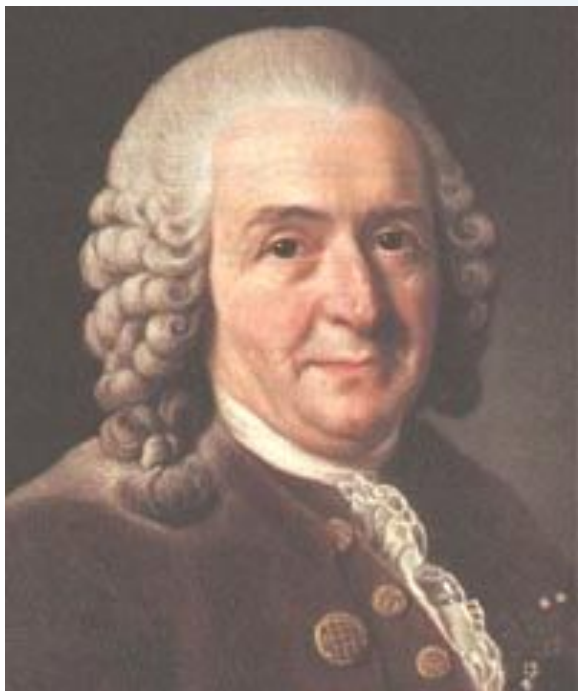
Влияние низкого  
атмосферного  
давления на различных  
животных



Антони ван Левенгук  
(1632–1723)

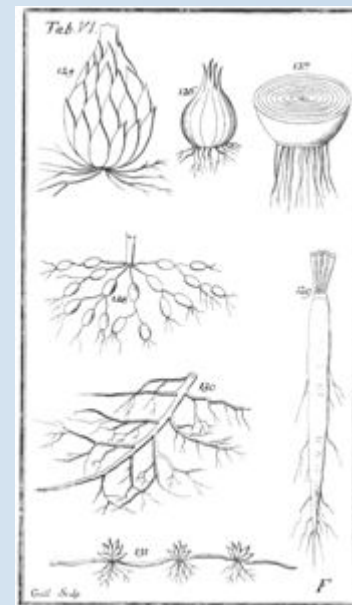
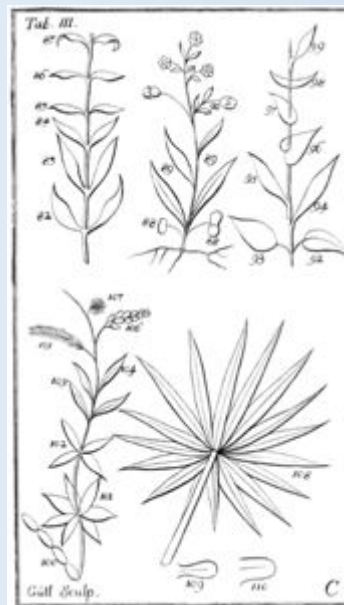
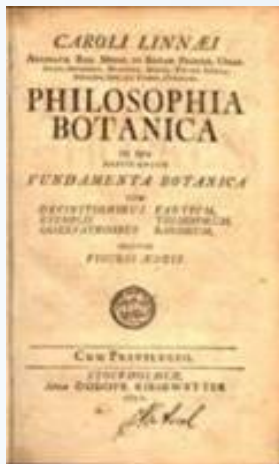
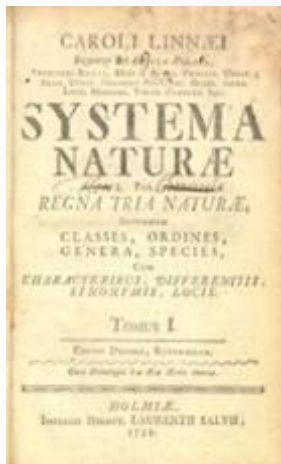
Изучение  
«пищевых цепей»  
и регулирования  
численности  
популяций

# Карл Линней



Карл Линней  
(1707-1778)

- Систематика животных и растений
- Цель – расшифровка плана Божественного творения
- Понятие вида (вид = элементарный акт творения)
- Бинарные латинские названия
- Иерархический принцип в систематике (таксоны)



# Развитие морфологии и систематики

Разнообразие форм  
организмов

Поиск  
закономерностей

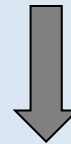


Зависимости формы от  
условий существования –  
*аналогичные органы*



**Экология**

Последовательные  
преобразования форм –  
*гомологичные органы*



**Эволюция**

# Русские путешественники XVII – XVIII вв.



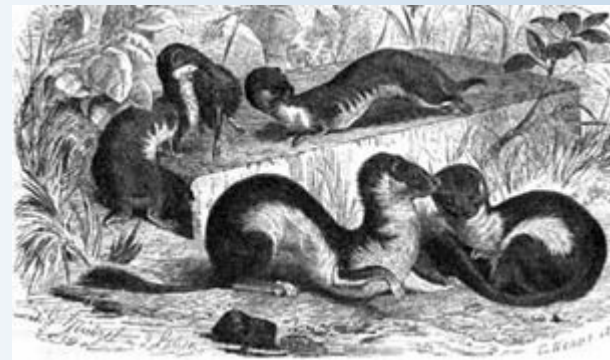
Крашенинников  
Степан Петрович  
(1713-1755)



Лепехин  
Иван Иванович  
(1740 – 1802)



Паллас  
Петр Симон  
(1741-1811)



- Описания растительности и животного мира труднодоступных районов (Сибирь, Арктика)
- Первые сведения об образе жизни различных видов
- Первые идеи о зависимости организмов от среды обитания

# Четвертый этап развития экологии

Период: конец XVIII – вторая половина (1866 г.) XIX вв.

- Крупные ботанико-географические открытия.
  - Систематизация накопленного материала, анализ закономерностей организмов и среды, начало изучения взаимоотношений между организмами.
- Начало XIX в. – самостоятельные отрасли: экология растений и экология животных.
- Определение понятия «**экология**» (1866).

# А. Гумбольдт



Александр фон  
Гумбольдт  
(1769-1859)

Я буду собирать Арбутоиды и каменелости,  
производить идеографические растениями  
астрономические наблюдения, я буду  
химически анализировать состав воздуха...  
Но всё это <sup>Космос</sup> не главная цель моего  
путешествия. На взаимодействие сил, на  
влияние мертвой природы на животный и  
растительный мир, на эту гармонию должны  
быть неизменно направлены мои глаза...  
Моим безумным намерением является  
представить в одном произведении весь  
материальный мир, все, что мы сегодня  
знаем о явлениях в небесном мире и в жизни  
земли, начиная от туманностей и до  
географии мхов на гранитных скалах...  
биосфере

Рисунки  
География растений  
Ландшафтоведение  
Учение о зонах природы  
Учение о

А. Гумбольдт, 1799



# К. Ф. Рулье



Карл Францевич Рулье  
(1814 – 1858)

Профессор Московского  
университета  
Первые экологические  
работы в России

*Вместо того, чтобы в каждой отрасли науки, мало по  
малу, так же, как и в природе, притягивать только,  
популярно, бесконечно, ставя растения и животных,  
в значительных, и особенно, в развитии для него  
миростанно перекрещивающихся отношениях  
организации и образа жизни, и ты для науки  
сделаешь несравненно более, нежели многие  
путешественники...*

*Полагаем задачей, достойною первого из  
первейших ученых обществ, назначить следующую  
тему для ученого труда первейших ученых:  
«Исследовать три вершка ближайшего к  
исследователю болота относительно растений и  
животных и исследовать их в постепенном  
взаимном развитии организации и образа жизни  
посреди определенных условий».*

К. Ф. Рулье. «О задачах экологии», 1851.

# Н. А. Северцов



Николай Алексеевич  
Северцов  
(1827-1885)  
Ученик К.Ф.Рулье, зоолог и  
путешественник, один из  
основоположников экологии  
в России

«Периодические явления в жизни зверей,  
птиц и гад Воронежской губернии» (1855)

*Самое полное знание о строении  
животного организма – не более как  
подготовительное для исследования  
животной жизни... Далее необходимо  
исследовать жизненные явления,  
которые составляют нравы и образ  
жизни животного. Они сопрягаются  
влиянием среды, в которой живет  
животное.*

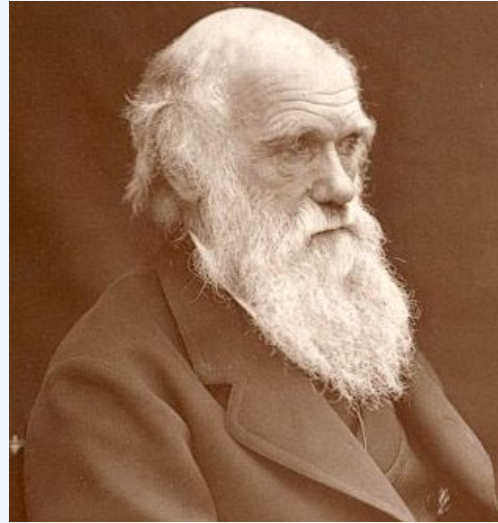
# Теория эволюции



Жан Батист Ламарк  
(1744–1829)

«Философия зоологии»  
(1809)

Первая попытка создания стройной и целостной теории эволюции живого мира.



Чарлз Роберт Дарвин  
(1809—1882)

«Происхождение видов»  
(1859)

Основы современной эволюционной теории (дарвинизм).



Алфред Рассел Уоллес  
(1823 – 1913)

«Вклад в теорию естественного отбора»  
(1870)

Создал одновременно с Ч. Дарвином теорию естественного отбора. Один из основателей зоогеографии.

# Пятый этап развития экологии

Период: вторая половина (1866 г.) XIX – середина (1936 г.) XX вв.

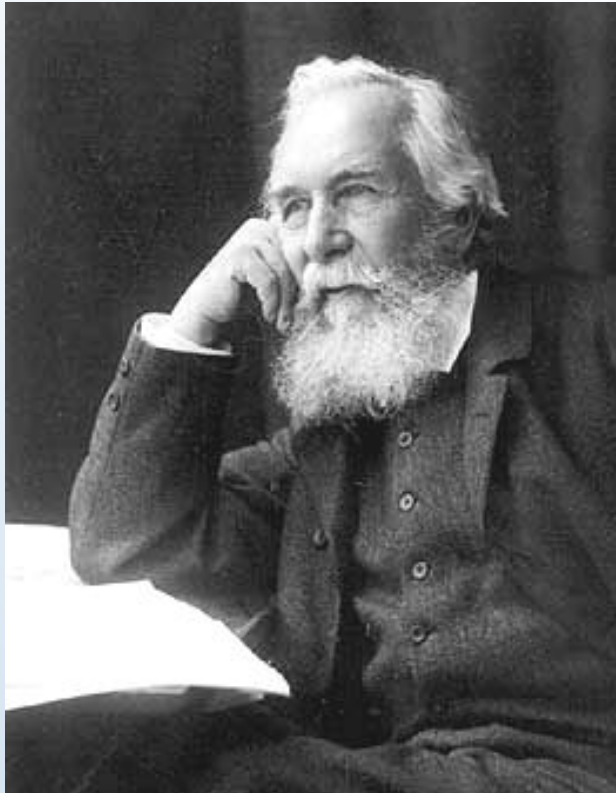
Доминирование **факториальной аутэкологии** –  
изучение естественной совокупности видов,  
непрерывно перестраивающихся  
применительно к изменению факторов среды.

Определение понятий  
«**биоценоз**» (1877),  
«**экосистема**» (1936),  
«**биогеоценоз**» (1942).

# Эрнст Геккель

автор термина «Экология»

«Экология - общая наука об отношениях организмов к окружающей среде, куда относятся все условия их существования»



**ЭРНСТ ГЕНРИХ ГЕККЕЛЬ**  
(Haeckel, Ernst Heinrich)  
(1834–1919)



Общая морфология  
организмов (1866)



Естественная история  
миротворения (1868)

# Развитие экологии во второй половине XIX в.

*В центре внимания – организм*

Основные направления исследований:

- Описание образа жизни разных видов
- Изучение жизни в экстремальных условиях (Арктика, пустыни)
- Закономерности влияния факторов среды
- Связь морфологии организмов и среды обитания
- Периодические явления в жизни организмов (сезонность, суточные ритмы)

# А. Ф. Миддендорф



Миддендорф  
Александр  
Федорович  
(1815-1894)

*Условия жизненных явлений в Сибири гораздо проще, главные друг друга обуславливающие причины, от которых они зависят, проявляются там гораздо резче, так что самый недостаток в разнообразии форм способствует лучшему пониманию общих законов жизни.*

*«О преимуществах исследований природы в суровом климате», 1869*

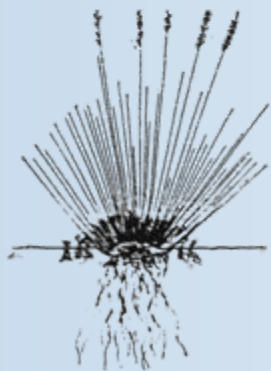
*Арктика для эколога – все равно, что атом водорода для физика.*

*акад. Ю. И. Чернов, 1998*

Русский естествоиспытатель, путешественник, исследователь Сибири.  
Изучение приспособлений растений и животных к жизни в суровых условиях.  
Один из основоположников зоогеографии.

# Жизненные формы

Е. Варминг (Дания)  
«Ойкологическая география растений»,  
1895



*К одной и той же жизненной форме причисляются все виды, обладающие сходными приспособлениями и внешностью, причем не обращается внимание на систематическое положение этих видов. Виды растений – это те единицы, которыми занимается систематическая ботаника, жизненные формы – это единицы экологической географии растений.*

Е. Варминг, 1896



# Правило Бергмана

*Если существует род, виды которого отличаются только величиной, тогда более мелкие виды этого рода будут тяготеть к более теплomu климату, причем в точности в соответствии с их массой.*

Карл Бергман, 1847

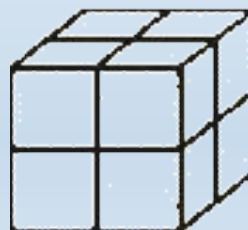
Отношение объема к поверхности (= теплопродукции к теплоотдаче):



$$S_1 = 6a^2$$

$$V_1 = a^3$$

$$T_1 = \frac{V_1}{S_1} = \frac{a^3}{6a^2} = \frac{a}{6}$$



$$S_2 = 6(2a)^2 = 24a^2$$

$$V_2 = (2a)^3 = 8a^3$$

$$T_2 = \frac{V_2}{S_2} = \frac{8a^3}{24a^2} = \frac{a}{3}$$



# Правило Аллена

*Животные, обитающие в областях с преобладающими низкими температурами, имеют, как правило, более короткие выступающие части тела (уши, лапы, хвост, нос) по сравнению с обитателями более теплых зон и областей.*

Д. Аллен, 1877



Песе  
ц



Обыкновенная лисица



Фене



Заяц-  
беляк



Толай



Американский  
заяц

# Экология организма

Таким образом - в середине XIX в. возникло особое направление - **ЭКОЛОГИЯ**

Вначале - на уровне изучения **отдельных организмов**.

## Важные обобщения организменной экологии

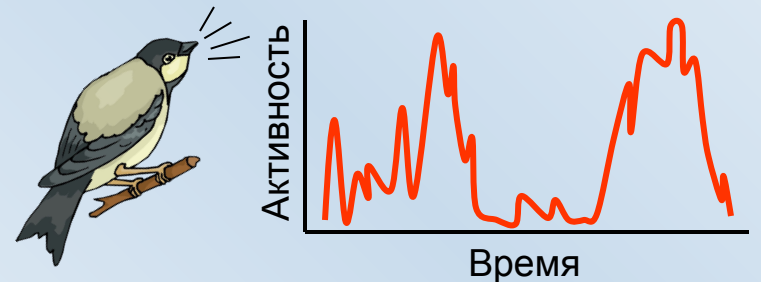


2. Учение о жизненных формах.  
Конвергенции.  
Экологические классификации.

1. Общие закономерности влияния факторов среды на организмы. Адаптации.



3. Экоморфология.



4. Экопериодизм. Биоритмы.

# Понятие биоценоза

*Биоценоз – это объединение живых организмов, соответствующее по своему составу, числу видов и особей некоторым средним условиям среды, объединение, в котором организмы связаны взаимной зависимостью и сохраняются благодаря постоянному размножению в определенных местах.*

*«О биоценозе», 1877*



Карл Мёбиус  
(1825-1908)

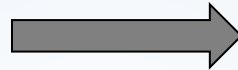
Объект экологии - сообщества организмов!  
(а не отдельный организм)



# Развитие идеи биоценоза

В основном – изучение растительных сообществ (фитоценозов)

Фитосоциология



Геоботаника

С. И.

Коржинский

И. К. Пачоский

*... В основе растительного сообщества заложен принцип, имеющий в виду выгоду целого, а не составляющих его элементов.*

И. К. Пачоский «О растительном сообществе», 1921

В. Н. Сукачев

В. В. Алехин

Л. Г. Раменский

А. П. Шенников

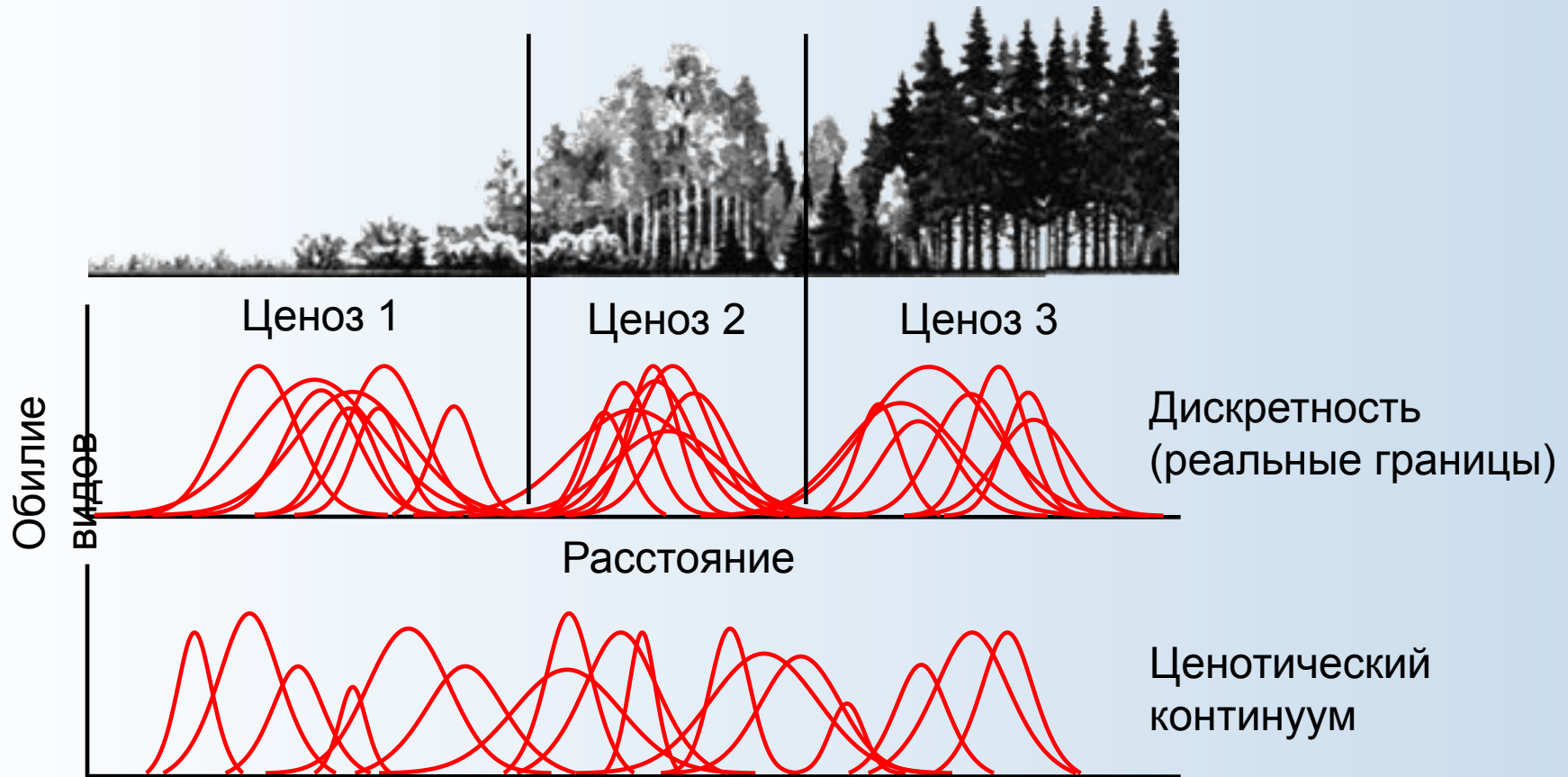
Ф. Клементс

К. Раункиер

Ж. Браун-Бланке

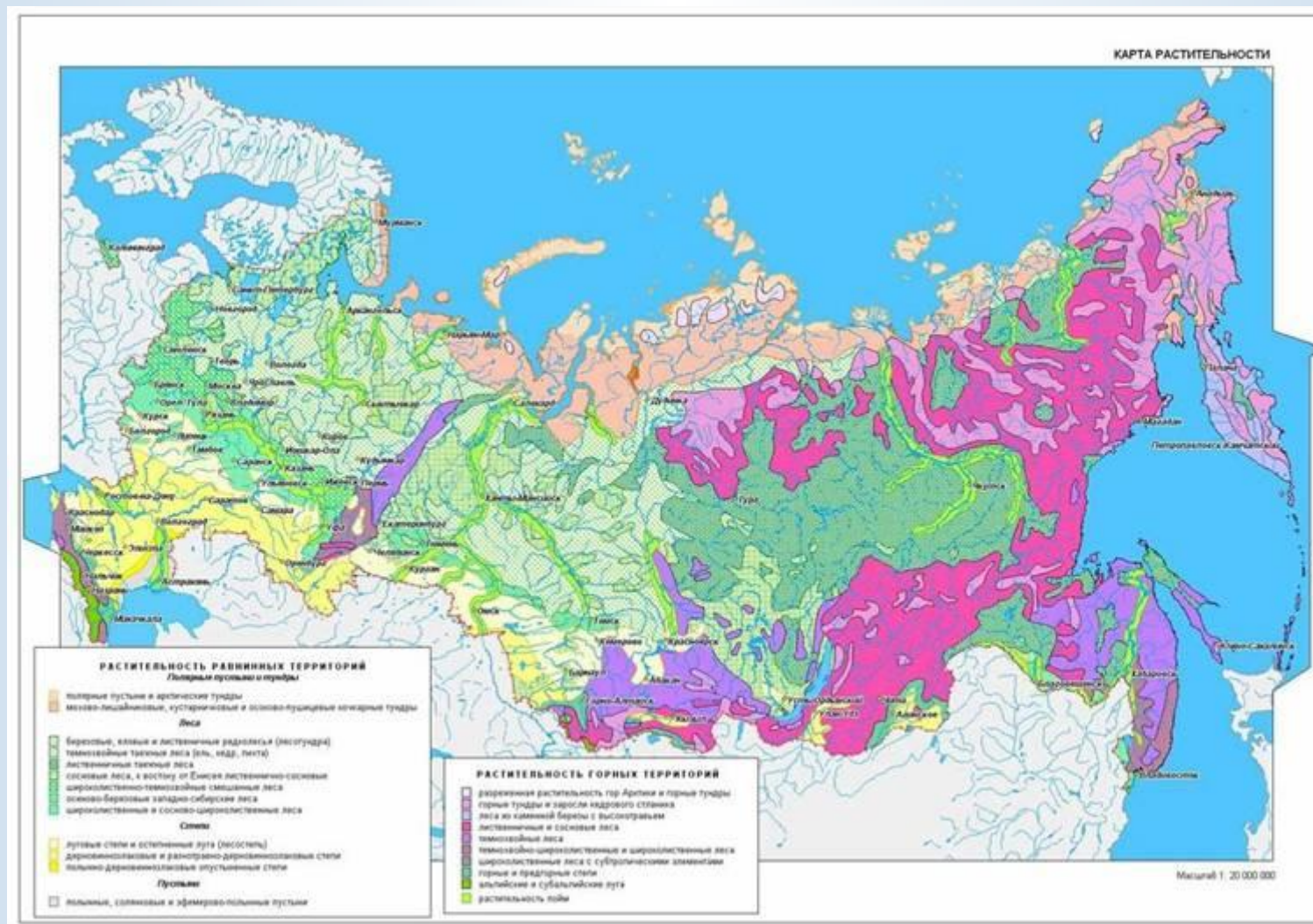
# Границы биоценозов

Границы между биоценозами менее определены, чем границы между организмами. Дискретность или континуум?



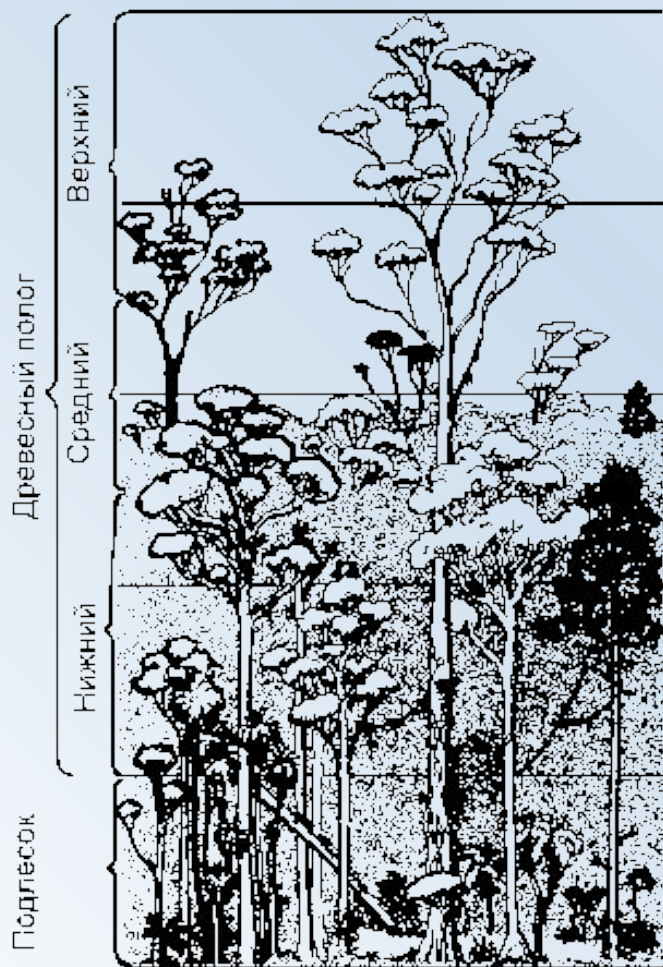
# Границы биоценозов – практический аспект

Определение границ биоценозов – необходимо для классификации геоботанические карты и картографирования растительности



# Структура биоценозов

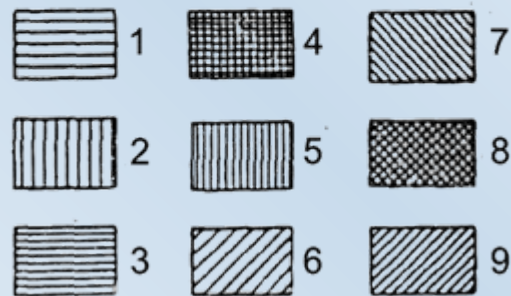
## Пространственная структура фитоценоза



Ярусность



Микрогруппировки



Мозаичность



# Структура биоценоза

Экологическая структура биоценоза -  
набор и соотношение жизненных форм



Тундровый луг



Пойменный луг



Альпийский луг

В одинаковых условиях формируются биоценозы, сходные по внешнему облику за счет преобладания одинаковых жизненных форм. При этом таксономический состав биоценозов может быть различным.

# Биотические связи

*В основе существования биоценозов лежат взаимодействия организмов между собой.*

Взаимодействия чрезвычайно разнообразны, но поддаются классификации:

0	0	Нейтрализм
0	-	Аменсализм
-	-	Конкуренция
-	+	Хищничество
0	+	Комменсализм
+	+	Мутуализм



Хищничество  
0



Комменсализм  
м



Конкуренция



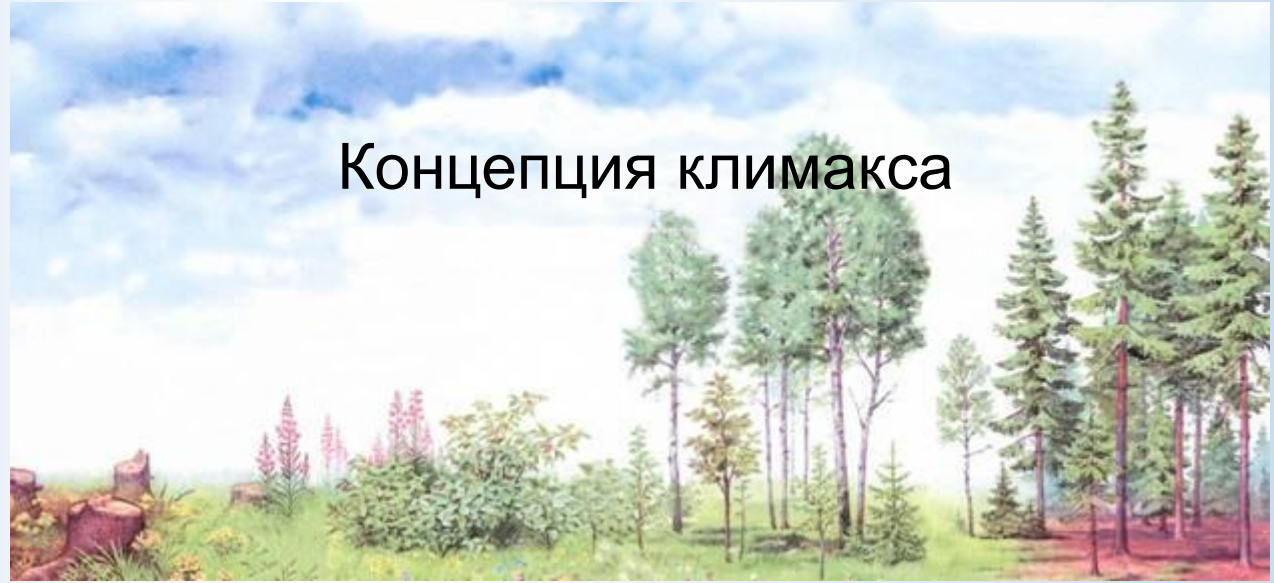
Мутуализм  
м

# Саморазвитие биоценозов



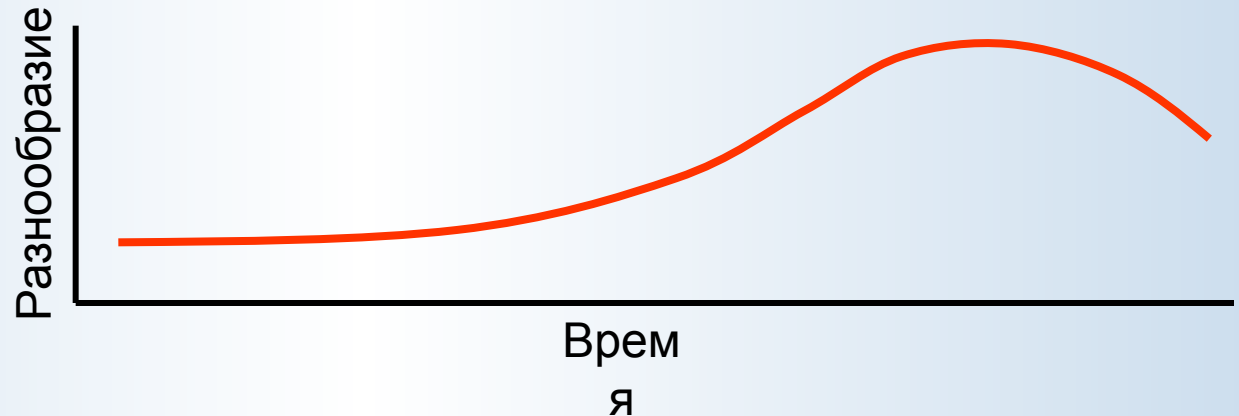
Фредерик Клементс  
(1874-1945)

Теория сукцессий



Концепция климакса

Сукцессия – саморазвитие ~~растительного~~ «сообщества растительных сообществ», 1929



# Основные обобщения биоценологии

- Создание классификации биоценозов (геоботанические карты)
- Закономерности структуры биоценозов (ярусность, мозаичность)
- Классификация биотических связей
- Концепция экологической ниши
- Концепция устойчивости и саморегуляции биоценозов
- Закономерности саморазвития биоценозов

# Аутэкология и синэкология

## Экология

*III Ботанический конгресс (Брюссель, 1910)*

### Экология организмов

(аутэкология)

- Экоморфология (жизненные формы)
- Факторная экология (влияние факторов)
- Биоритмы

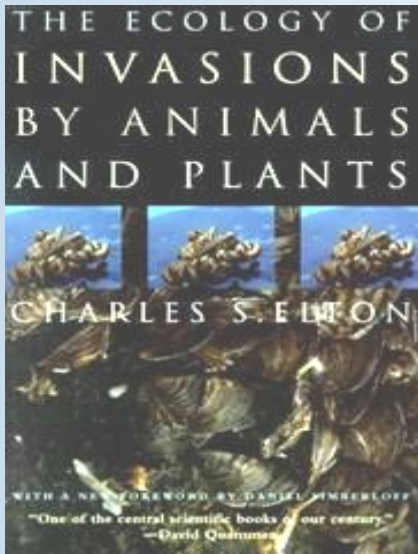
### Экология сообществ

(синэкология)

- Структура и границы биоценозов
- Биотические взаимодействия
- Сукцессии



Чарльз Элтон  
(1900-1991)



Экология нашествий  
животных и растений,  
1958

# Популяционная экология

1930-е гг. – формирование нового направления – экологии популяций

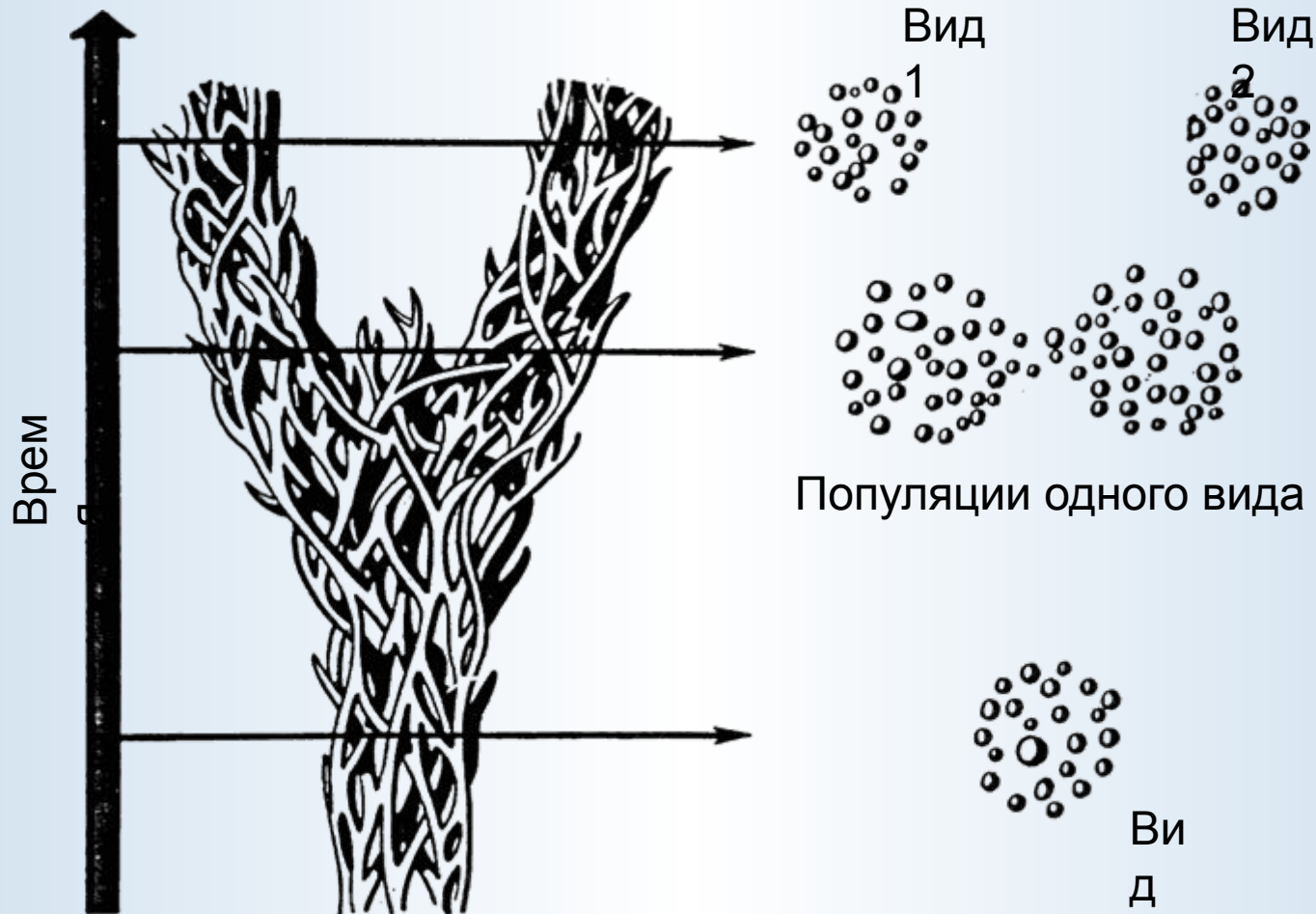
Популяция – группа особей **одного вида**, взаимодействующих между собой и населяющих общую территорию.

То есть организмы одного вида объединены в целостные группы – популяции. На уровне этих групп действуют **особые законы**.

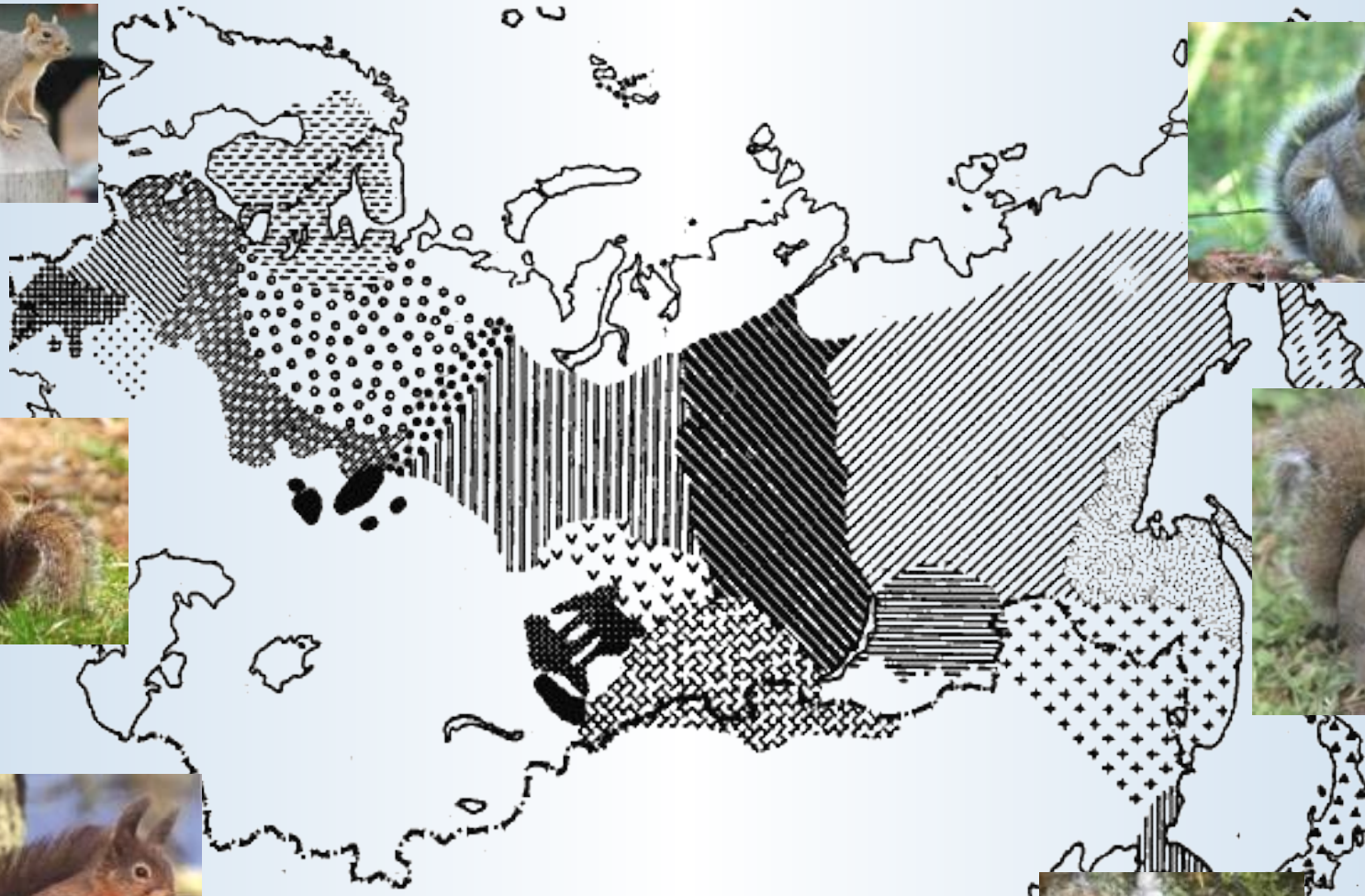


# Популяционная структура вида

Вид – совокупность популяций. Нарушение связи между популяциями приводит к образованию новых видов



# Популяционная структура вида



Ареалы подвидов белки



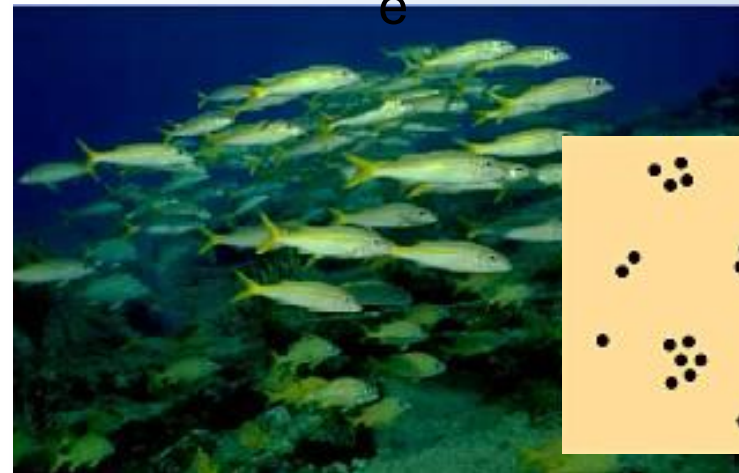
# Структура популяции

Разные популяции характеризуются различной пространственной структурой – расположением особей в пространстве



Случайно

e



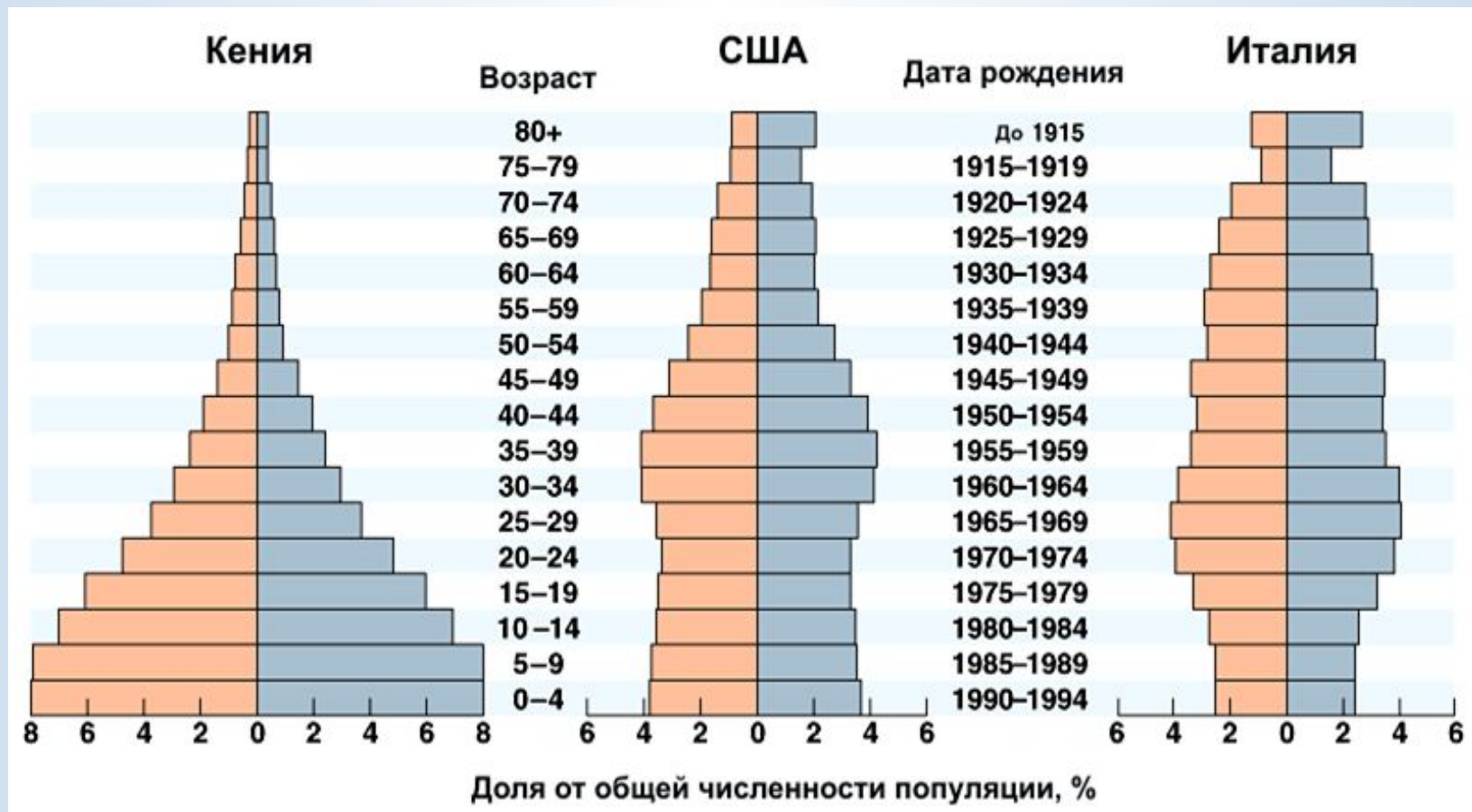
Групповое



Равномерное

# Структура популяции

Популяции одного вида могут различаться соотношением числа особей разных возрастных групп

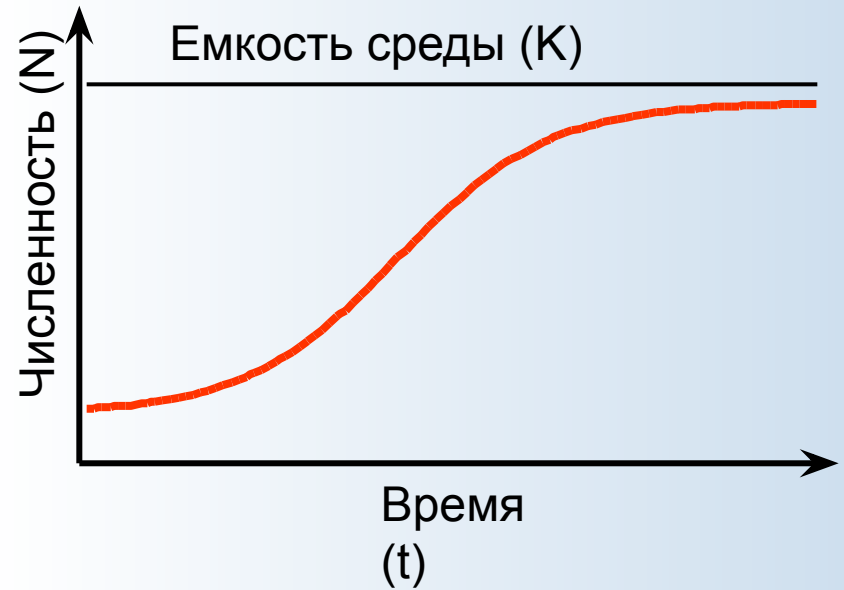


Возрастная структура населения трех стран с различными социальными условиями

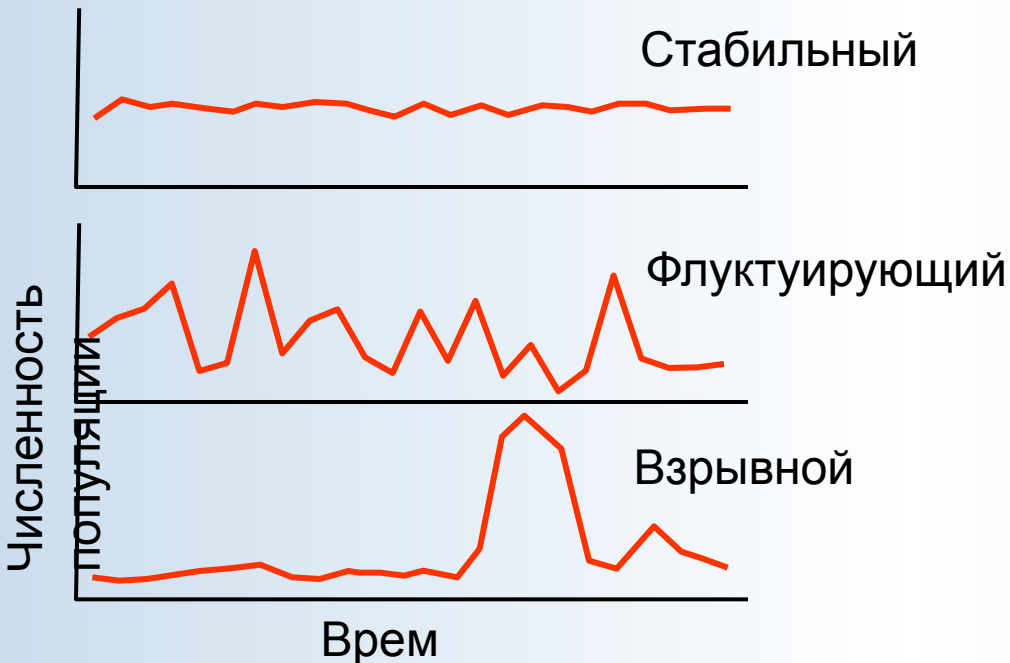
# Динамика популяций

Логистический закон роста популяции:

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



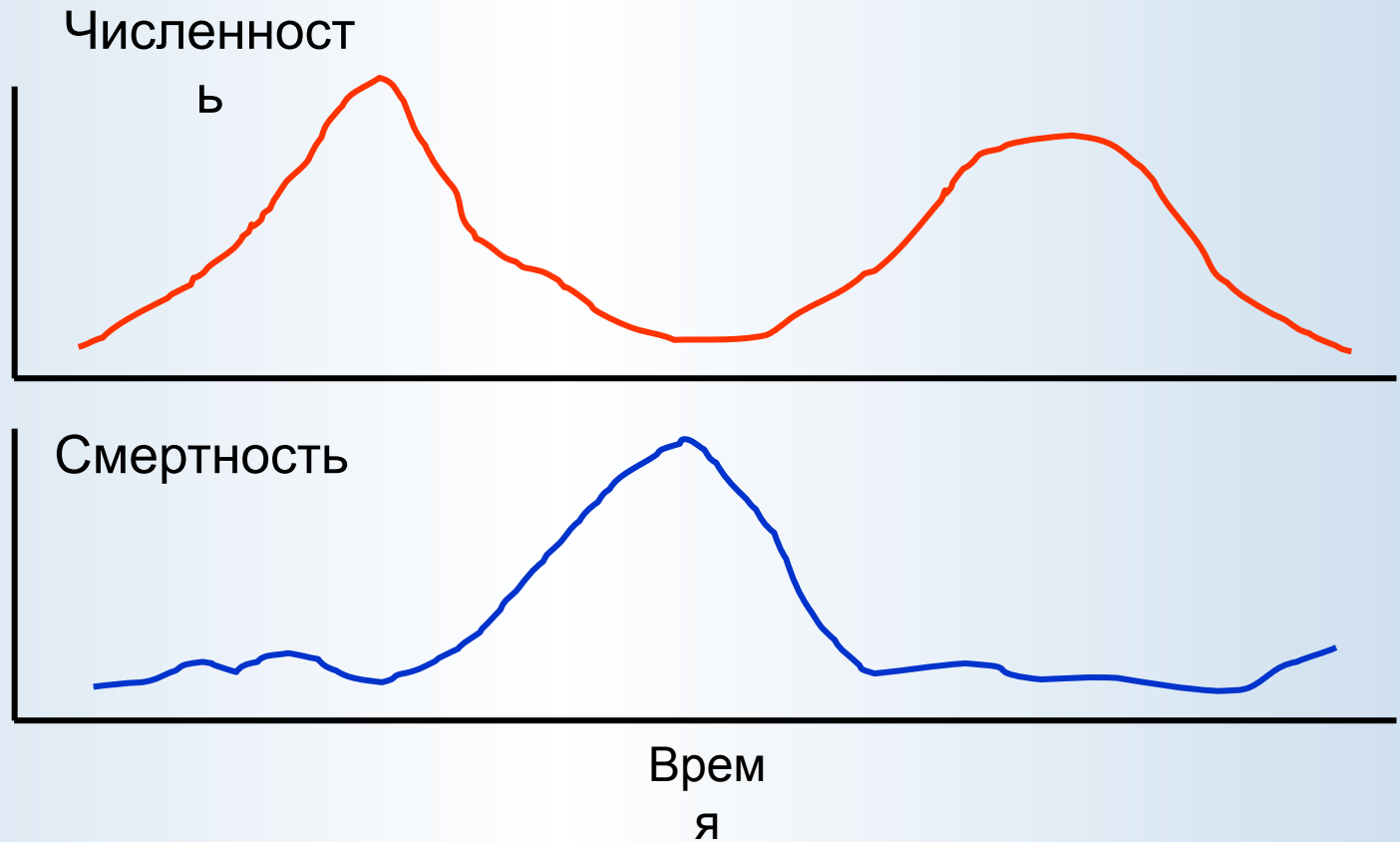
Типы популяционной динамики



Практический аспект:  
- вспышки численности паразитов, инвазии  
- борьба с вредителями  
- истощение запасов промысловых животных

# Гомеостаз популяций

Существуют механизмы саморегуляции популяций.  
Регуляция осуществляется по принципу обратной связи.



Динамика численности и смертности  
дафний

# Концепция экологических стратегий

*В разное время и в разных средах обитания организмы используют различные стратегии выживания. Организмы, которые производят большое количество потомков, но при этом имеют высокую смертность, называются r-стратегиями. Организмы, которые производят небольшое количество потомков, но при этом имеют высокую выживаемость, называются K-стратегиями. В природе существует множество организмов, которые используют различные стратегии выживания. Например, бактерии используют стратегию большого числа потомков с высокой смертностью, а крупные млекопитающие используют стратегию малого числа потомков с высокой выживаемостью.*

Эрик Пианка, 1970



Стратегия большого числа потомков с высокой смертностью



Стратегия малого числа потомков с высоким выживанием

# Основные теоретические обобщения популяционной экологии

- Критерии для описания популяций (структура популяций)
- Классификация межпопуляционных взаимодействий
- Законы динамики популяции
- Гомеостаз популяций. Механизмы гомеостаза
- Теория экологических стратегий

# Шестой этап развития экологии

Период: 40 – 70 гг. XX в.

Системный подход к исследованиям природных систем,

формирование **биогеоценологии** и **общей экологии**,  
как самостоятельных фундаментальных биологических  
наук,

доминирование **синэкологического**  
(биогеоценологического) **направления**;

изучение процессов материально-энергетического  
обмена,

развитие количественных методов  
и математического моделирования.

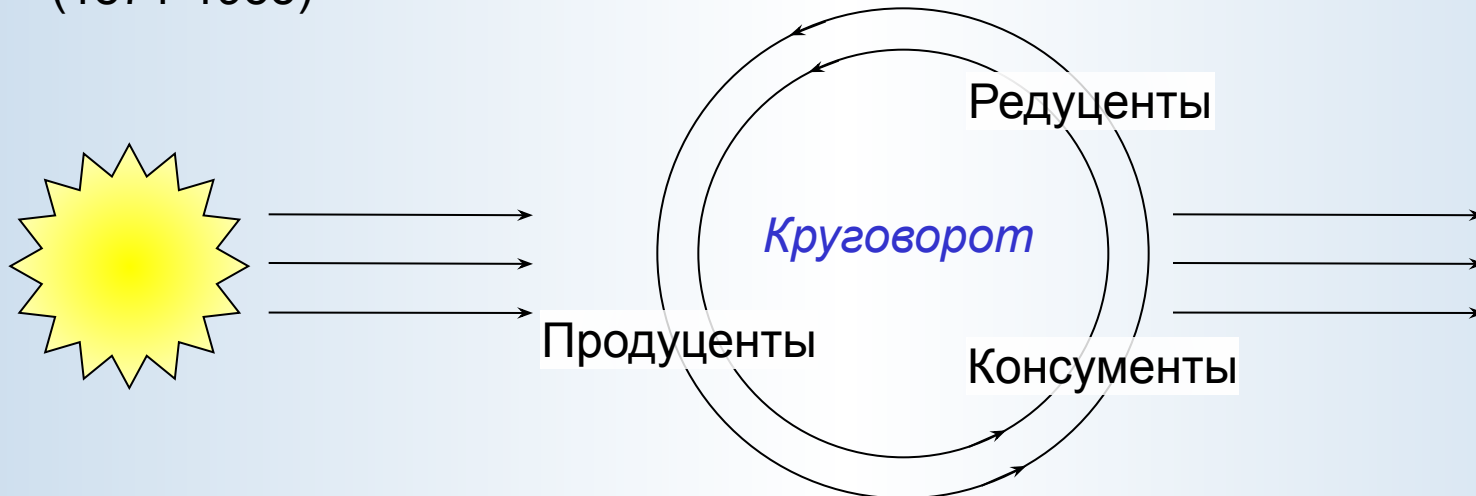
# Концепция экосистемы



Артур Тенсли  
(1871-1955)

*Более глубоким представлением является целостная система, включающая в себя не только комплекс организмов, но и весь комплекс физических факторов. Хотя организмы в первую очередь могут претендовать на наш интерес, когда мы пытаемся мыслить фундаментально, мы не можем отделить их от окружающей среды, с которой они формируют одну физическую систему.*

А.Тенсли «Об экосистеме», 1935





# Биогеоценоз



Владимир  
Николаевич  
Сукачев  
(1880-1967)

Биогеоценоз можно определить как участок земной поверхности, где на известном протяжении биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, литосферы, гидросферы и педосферы остаются однородными и в совокупности образующими единый внутренне взаимосвязанный комплекс.

В. Н. Сукачев, 1942



Схема биогеоценоза (из работы В. Н. Сукачева)

# Биогеохимические циклы



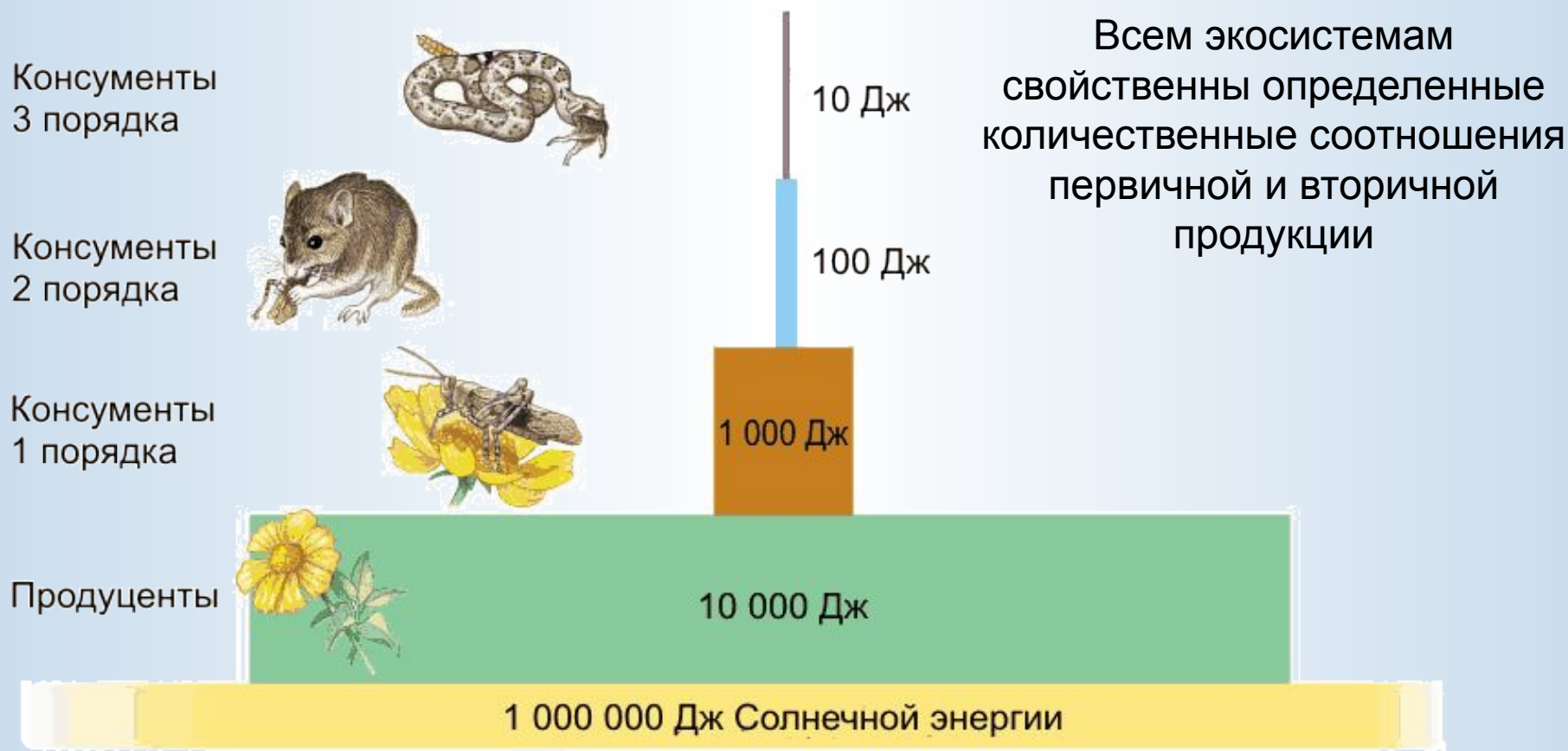
# Концепция продуктивности

**Продуктивность** – скорость, с которой продуценты экосистемы фиксируют солнечную энергию



Измерение продуктивности экосистем – методически просто, но трудоемко!

# Потоки энергии. Трофические цепи



Правило пирамиды: на каждом последующем трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени, меньше, чем на последующем

# Основные теоретические обобщения биоценологии

- круговорот вещества (биогеохимические циклы)
- превращения энергии (трофические цепи)
- концепция продуктивности

# Седьмой этап развития экологии

Период: с 80-х гг. XX в. по настоящее время

«Экологизация» всех отраслей науки.

Становление экологических наук  
социальной и политической направленности.

Возрастание интереса к изучению популяций,  
динамики формирования биogeоценозов  
в связи с антропогенными нарушениями.

Сокращение описательных  
и расширение комплексных исследований.

Организация

**долговременного экологического мониторинга**

разных уровней (наземного, регионального, глобального и др.)

# Особенности развития экологии в XX в.

- Математическое моделирование
- Компьютеризация. Базы данных.  
Количественные оценки. Прогнозы
- Международное сотрудничество
- Прикладная экология. Охрана природы
- Организационные мероприятия  
(общества, журналы, совещания)

# Математическое моделирование. Прогнозы

Простейший пример: уравнения **Лотки-Вольтерры** на основе уравнения логистического роста популяции:

$$\frac{dN}{dt} = rN \frac{K - N}{K}$$

Популяции хищника и

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - p_1 N_1 N_2$$

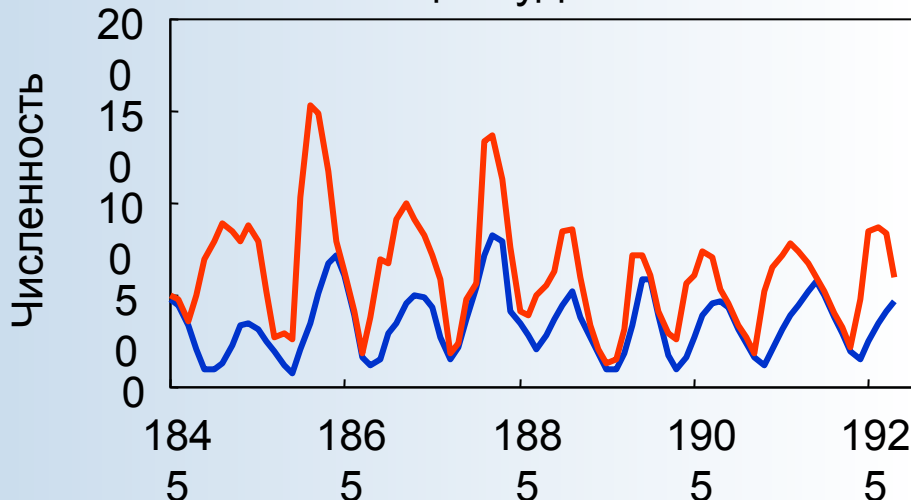
$$\frac{dN_2}{dt} = p_2 N_1 N_2 - d_1 N_2$$

Конкурирующие

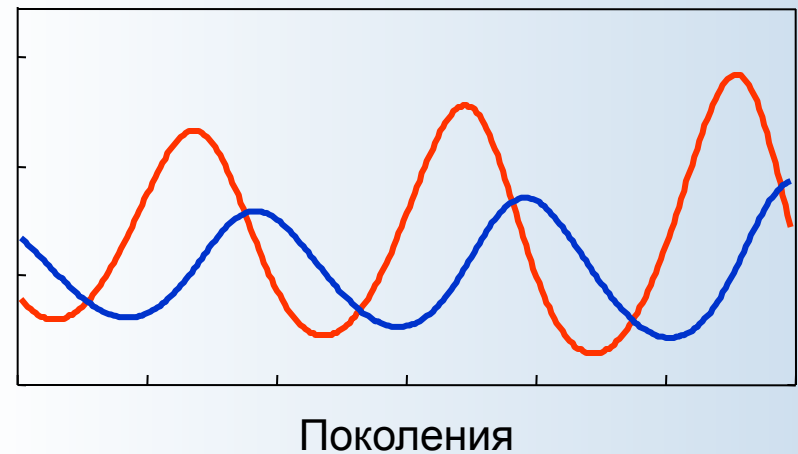
$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \frac{K_1 - N_1 - \alpha_{12} N_2}{K_1}$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \frac{K_2 - N_2 - \alpha_{21} N_1}{K_2}$$

Рысь и заяц в Гудзоновом заливе



Математическая модель

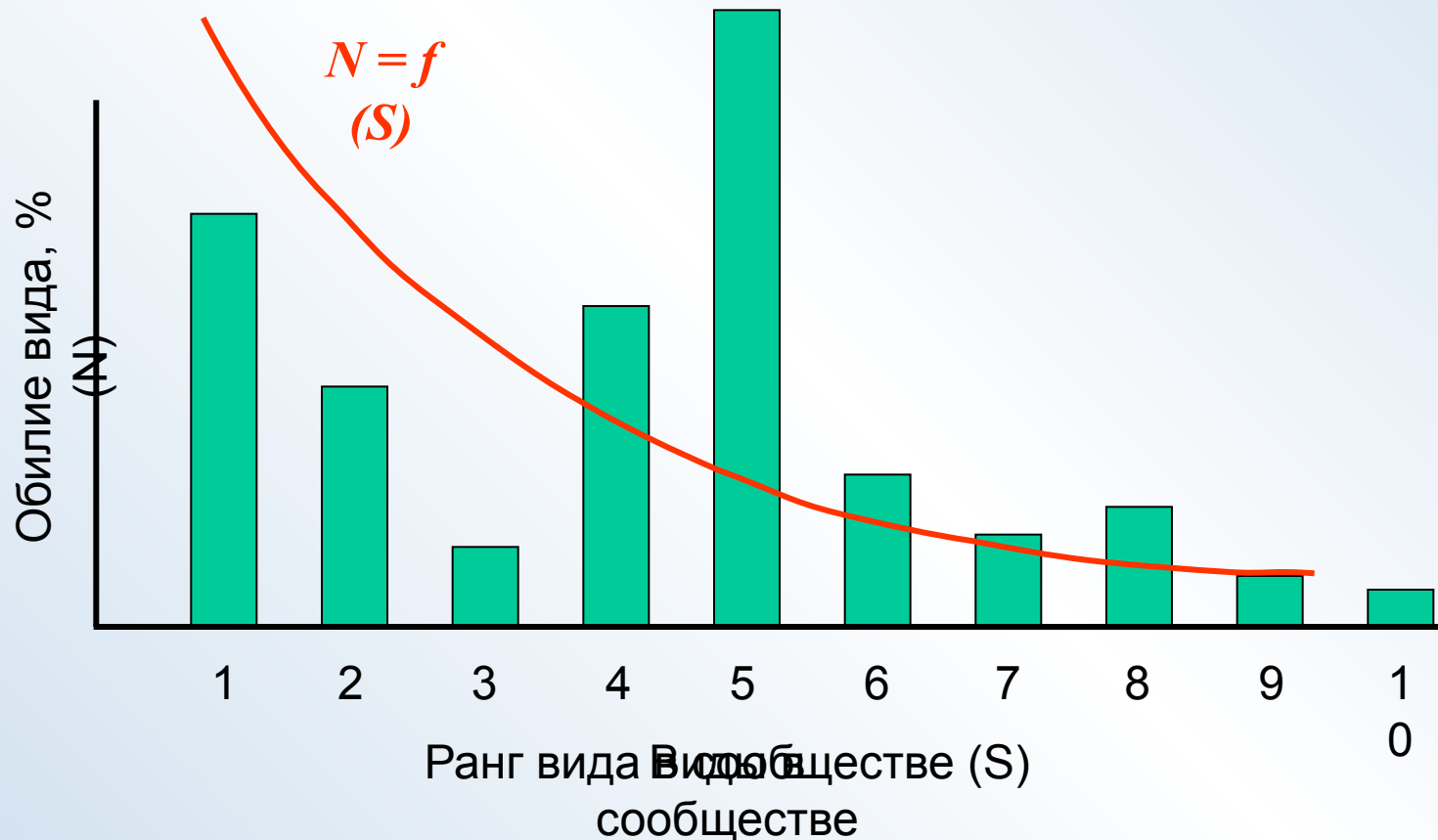




# Структура биоценоза

## Видовая структура биоценоза

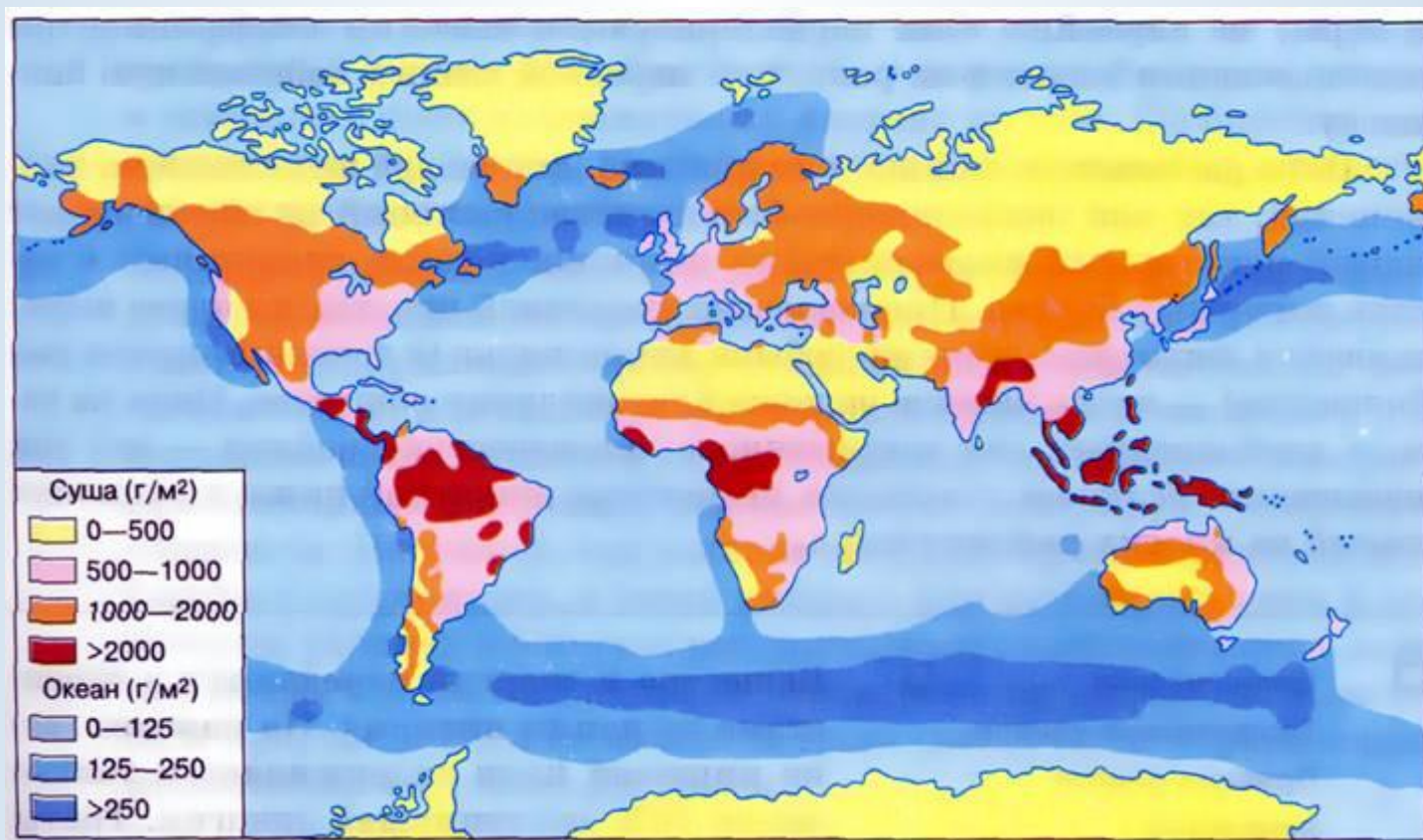
Существует ли закономерность в распределении видов по обилию?



# Международная биологическая программа

С 1964 г.

Цель – «Выявить основные закономерности распределения и воспроизводства органических веществ в интересах наиболее рационального использования их человеком и получения максимальной продуктивности на единицу площади в природных или культурных условиях».



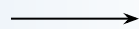
Измерение продуктивности суши и океана

# Конец XX века

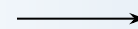
- Катастрофический рост численности населения
- Технологический взрыв. Приоритет технического развития в ущерб гармонии с природой и совершенствованию культуры.
- Иллюзия независимости от природы и все большая зависимость не деле (нехватка ресурсов).
- Окончательное осознание ограниченности ресурсов (не только учеными, но и политиками)
- Проблема охраны природы

Осознание необходимости перестройки экономики  
в соответствии с экологическими законами

Результат: экология перестает  
быть только академической  
наукой, становится  
теоретической базой  
природопользования



Экология  
становится  
модной



Размывание термина  
«Экология»

# Размывание смысла термина «ЭКОЛОГИЯ»

Сейчас используется в смыслах:

- академическая наука (исходный смысл)
- состояние, тип окружающей среды (экология города)
- охрана природы (министерство экологии, Гринпис)
- степень загрязнения окружающей среды (экологически чистый)
- выражение гармонии («экологическое мышление», экология = хорошо)

# Определение экологии

**ЭКОЛОГИЯ** – наука, изучающая взаимоотношения живых организмов между собой и с окружающей их природной средой, а также организацию и функционирование надорганизменных систем различного уровня.

**Биологическая наука**

Социальные проблемы, охрана природы – другое.