

# 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.

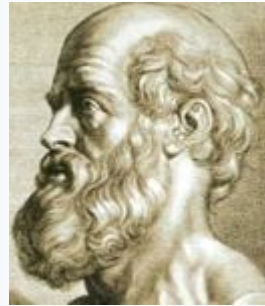
Средневековый застой.

# Древний мир



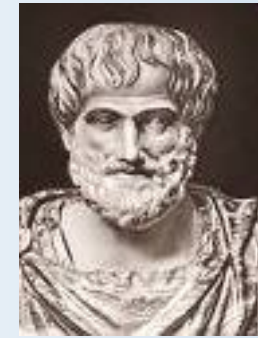
Эмпедокл  
(ок. 490 - 430 гг. до н.э.)

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»**

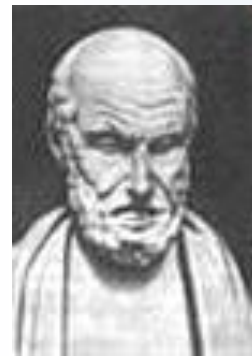
Классификация по образу жизни, способу питания



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

Многие явления природы характеризуются с подлинно экологических позиций

Плиний Старший  
(ок. 23–79 н.э.)



Теофраст  
(372-287 гг. до н. э.)

**«Исследования о ботанике»**

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



# 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)

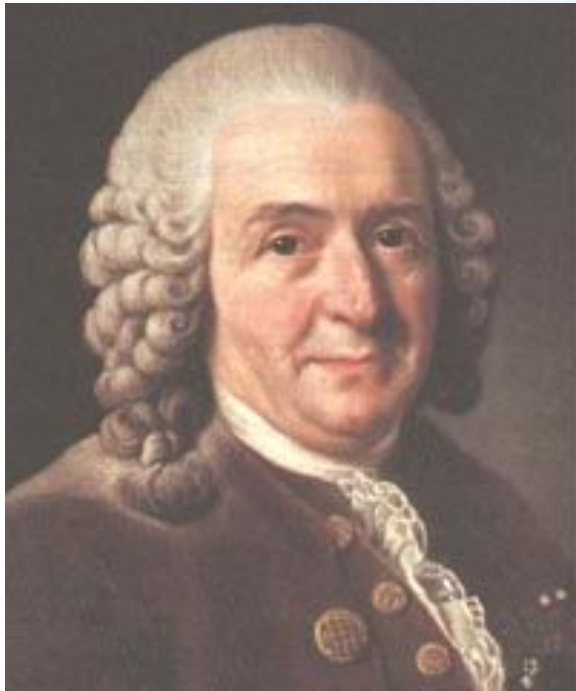
Влияние низкого  
атмосферного  
давления на различных  
животных



Антони ван Левенгук  
(1632–1723)

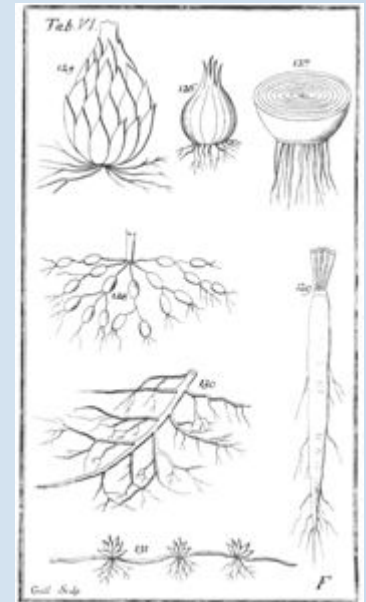
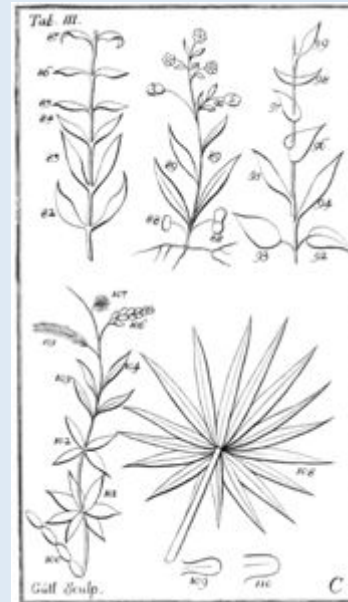
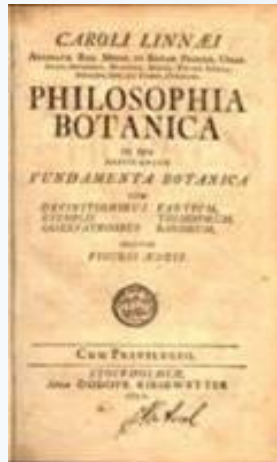
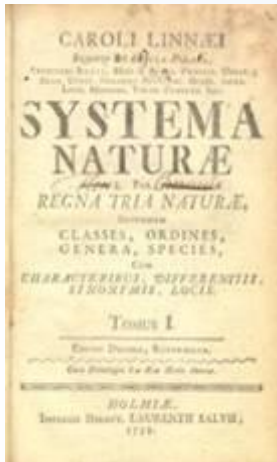
Изучение  
«пищевых цепей»  
и регулирования  
численности  
популяций

# Карл Линней

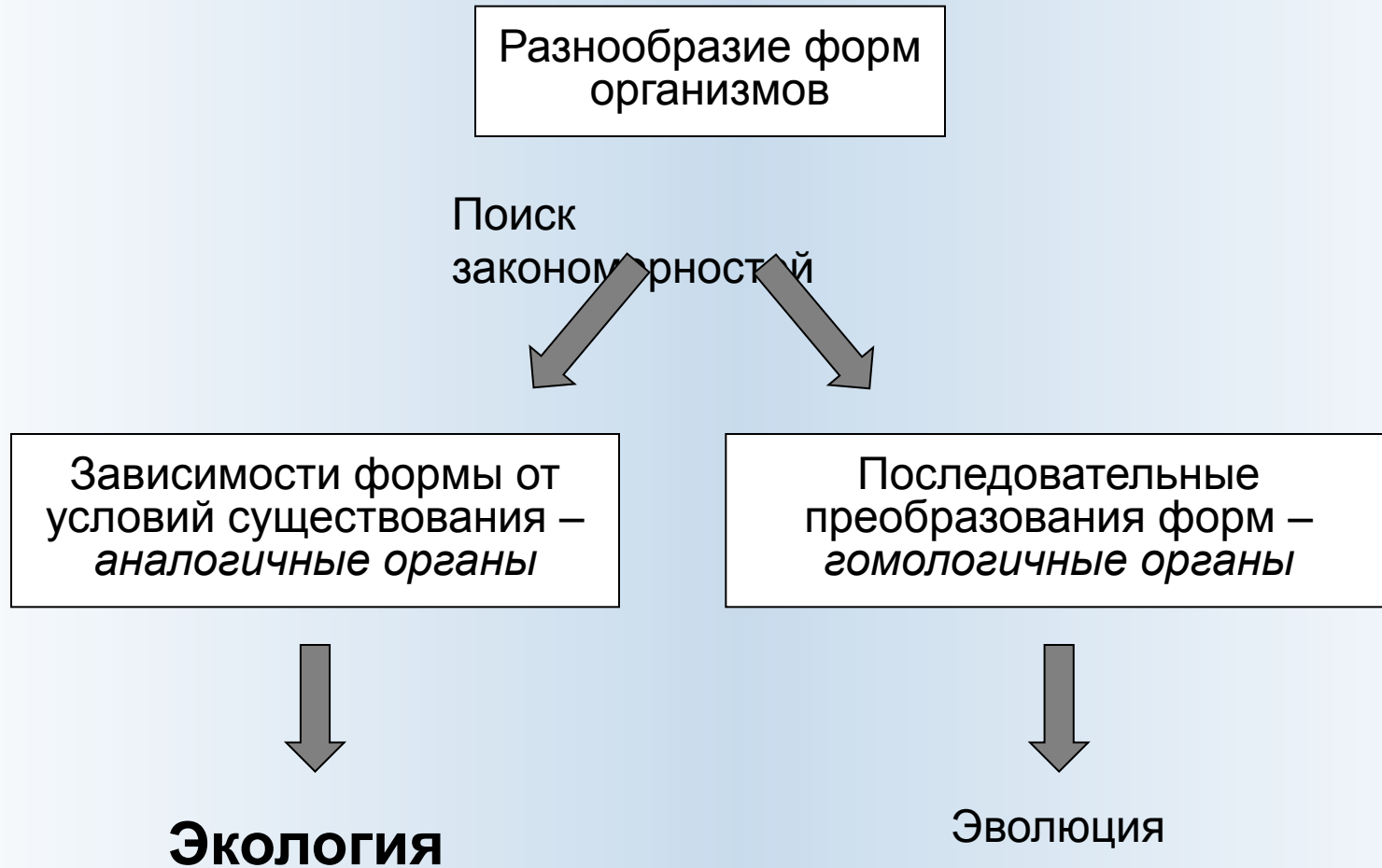


Карл Линней  
(1707-1778)

- 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



# Русские путешественники XVII – XVIII вв.



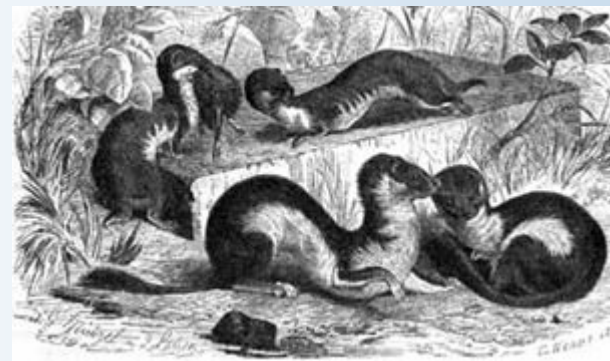
Крашенинников  
Степан Петрович  
(1713-1755)



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 идею рекреации растений  
астрономическими методами  
химически анализировать состав воздуха...  
Но всё это 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 географии мхов на гранитных скалах...  
биосфере

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, развиваться постепенно, при  
помощи проб и ошибок, ставя перед растениями и животными,  
в значительной степени, в равной мере, взаимно  
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.*

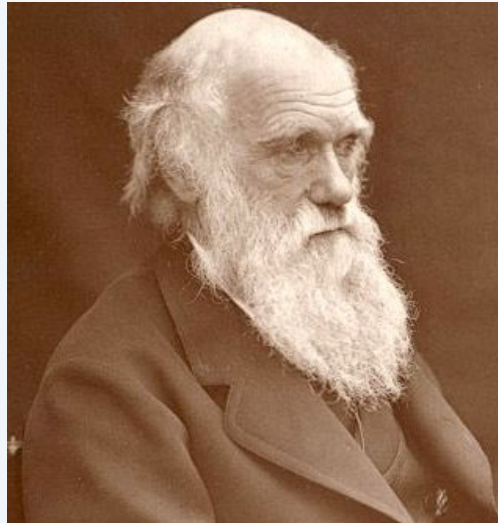
# Теория эволюции



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.

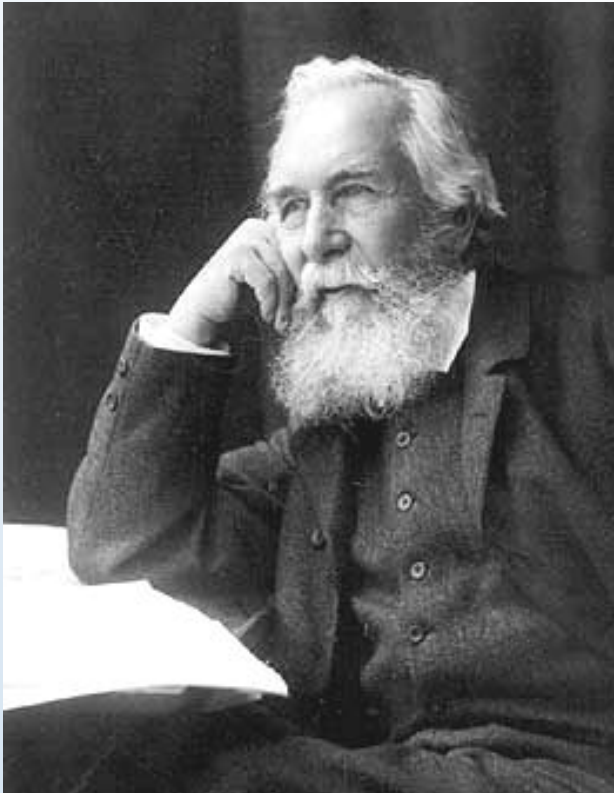
Доминирование **факториальной аутэкологии** –  
изучение естественной совокупности видов,  
непрерывно перестраивающихся  
применительно к изменению факторов среды.

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*

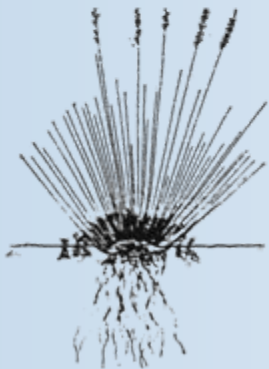
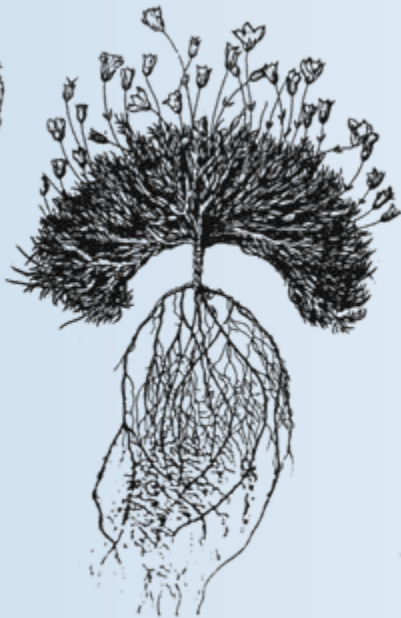
*Арктика для эколога – все равно, что атом водорода для физика.*

*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

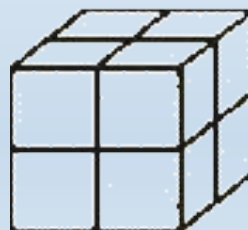
Отношение объема к поверхности (= теплопродукции к теплоотдаче):



$$S_1 = 6a^2$$

$$V_1 = a^3$$

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



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

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

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



# 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**

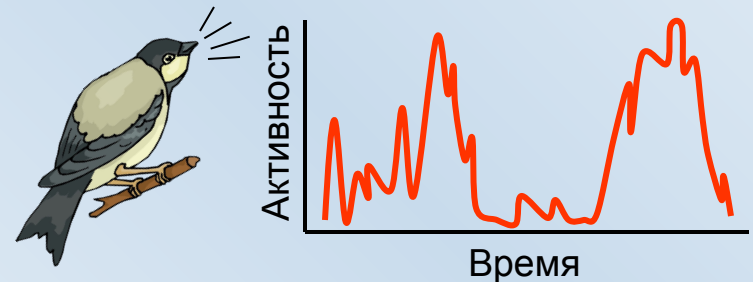
Вначале - на уровне изучения **отдельных организмов**.

## Важные обобщения организменной экологии



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

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



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)

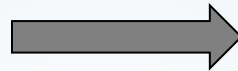
Объект экологии - сообщества организмов!  
(а не отдельный организм)



# 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

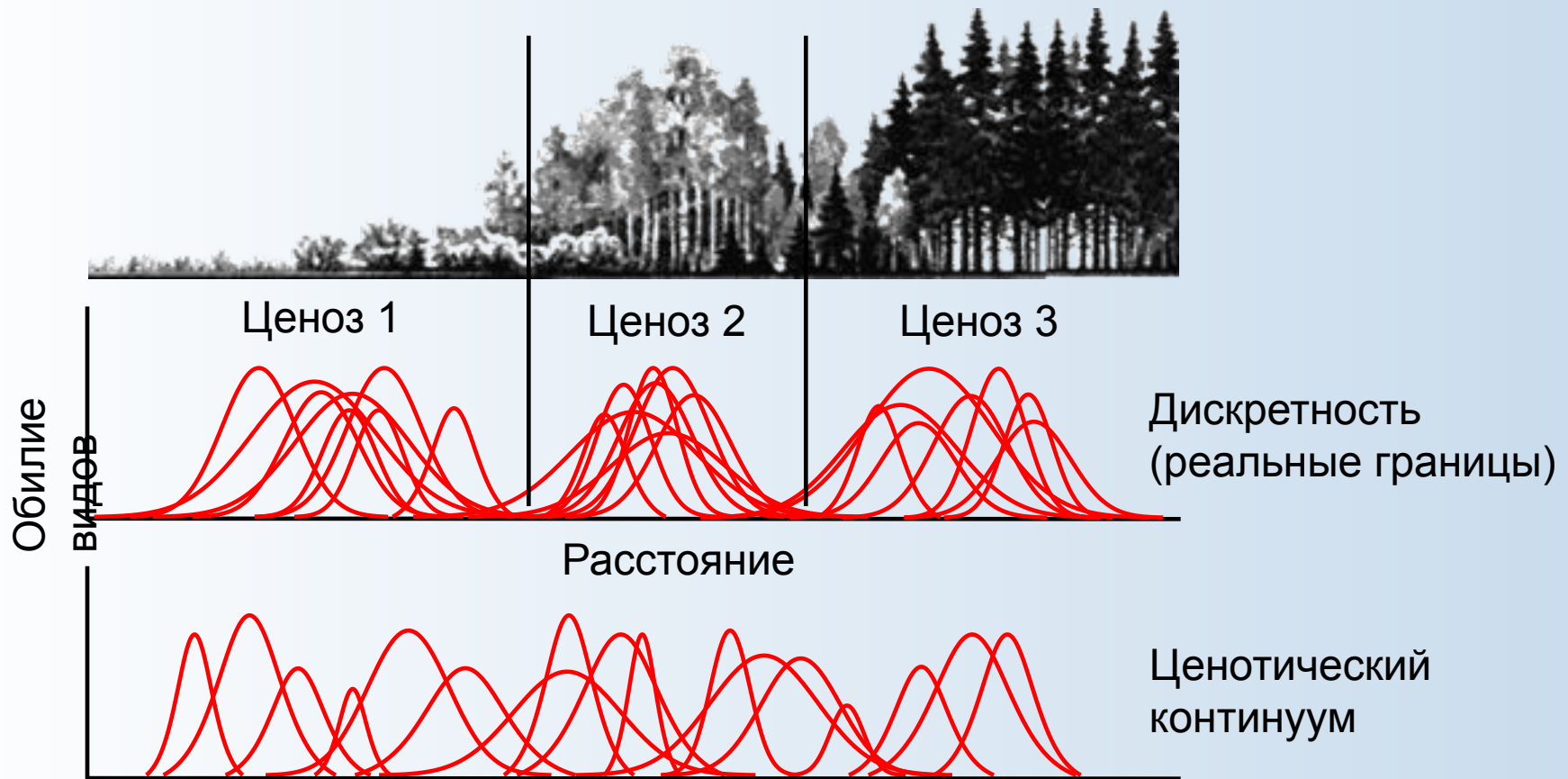
Ф. Клементс

К. Раункиер

Ж. Браун-Бланке

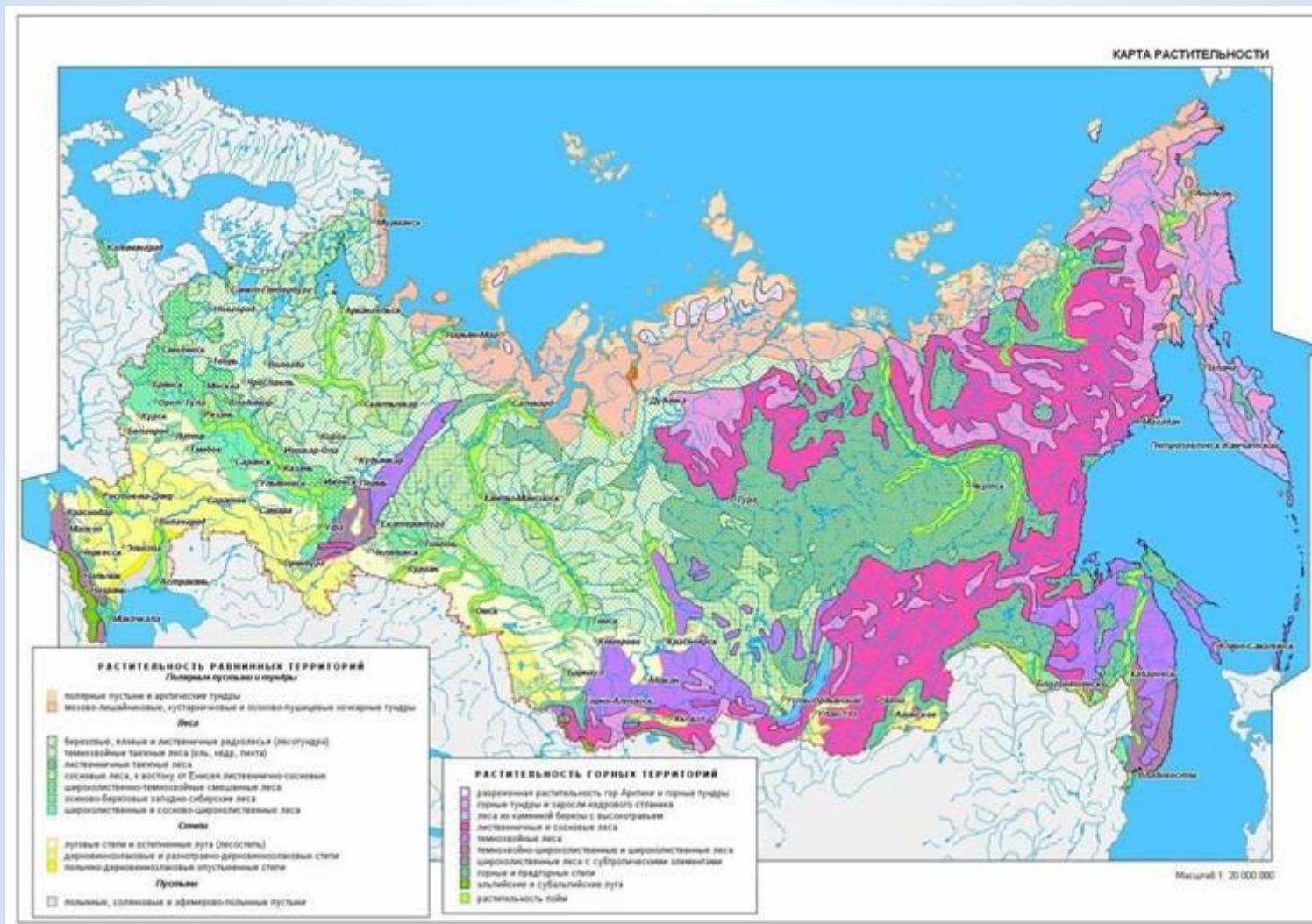
# Границы биоценозов

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



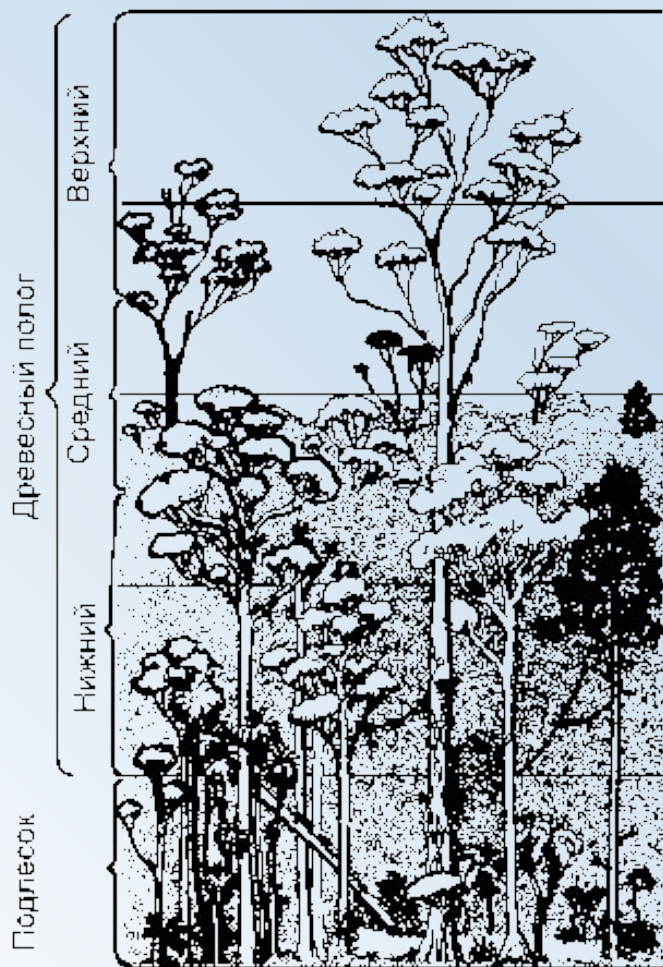
# Границы биоценозов – практический аспект

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



# Структура биоценозов

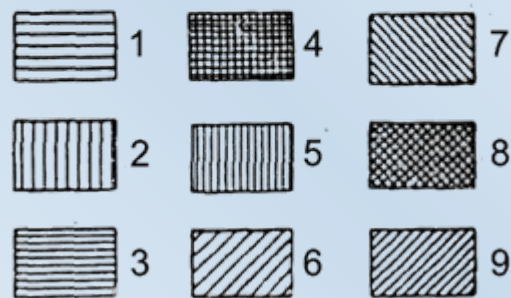
## Пространственная структура фитоценоза



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



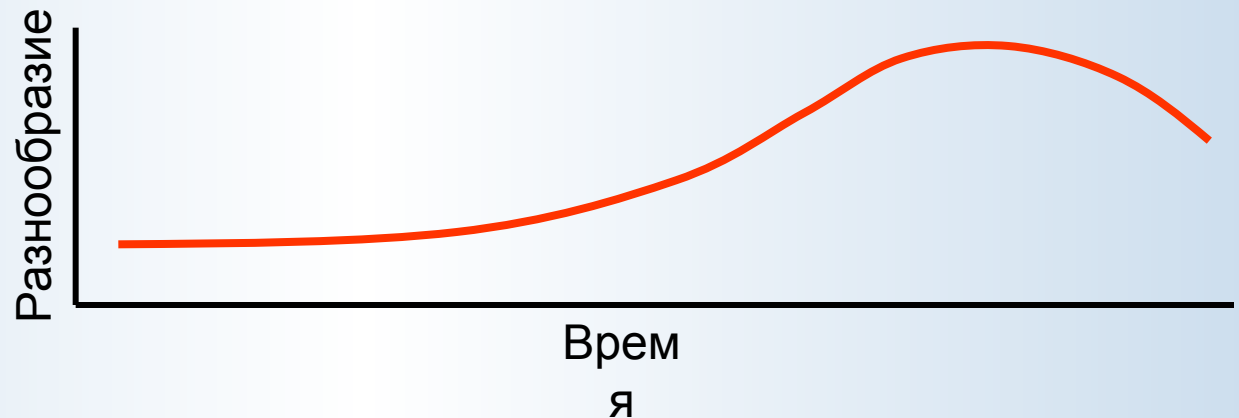
Фредерик Клементс  
(1874-1945)

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

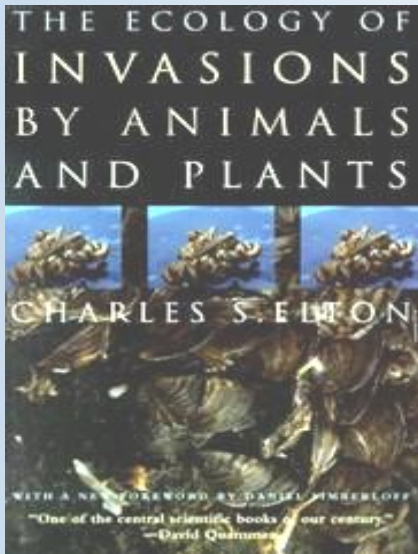
### Экология сообществ

(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

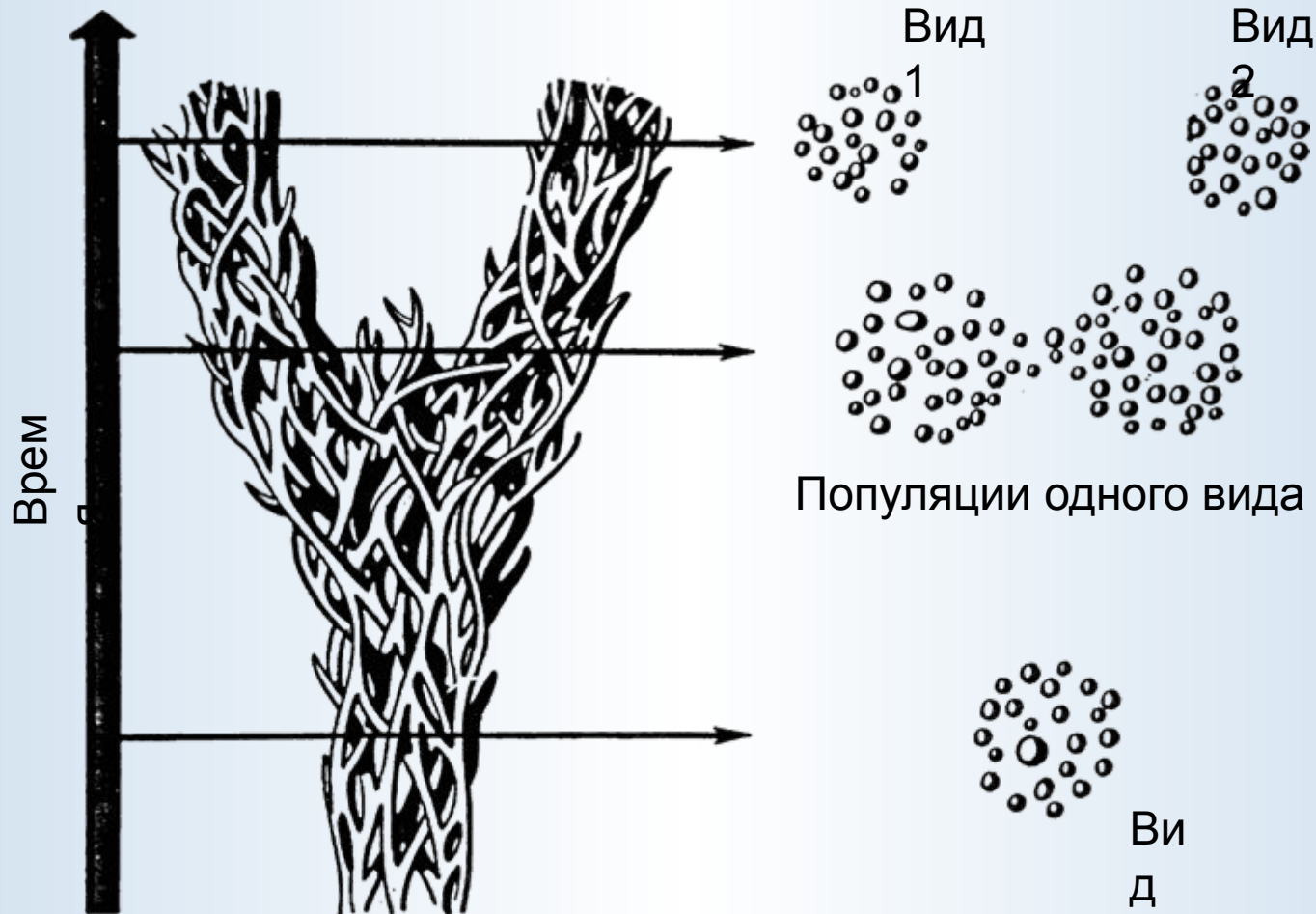
Популяция – группа особей **одного вида**, взаимодействующих между собой и населяющих общую территорию.

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

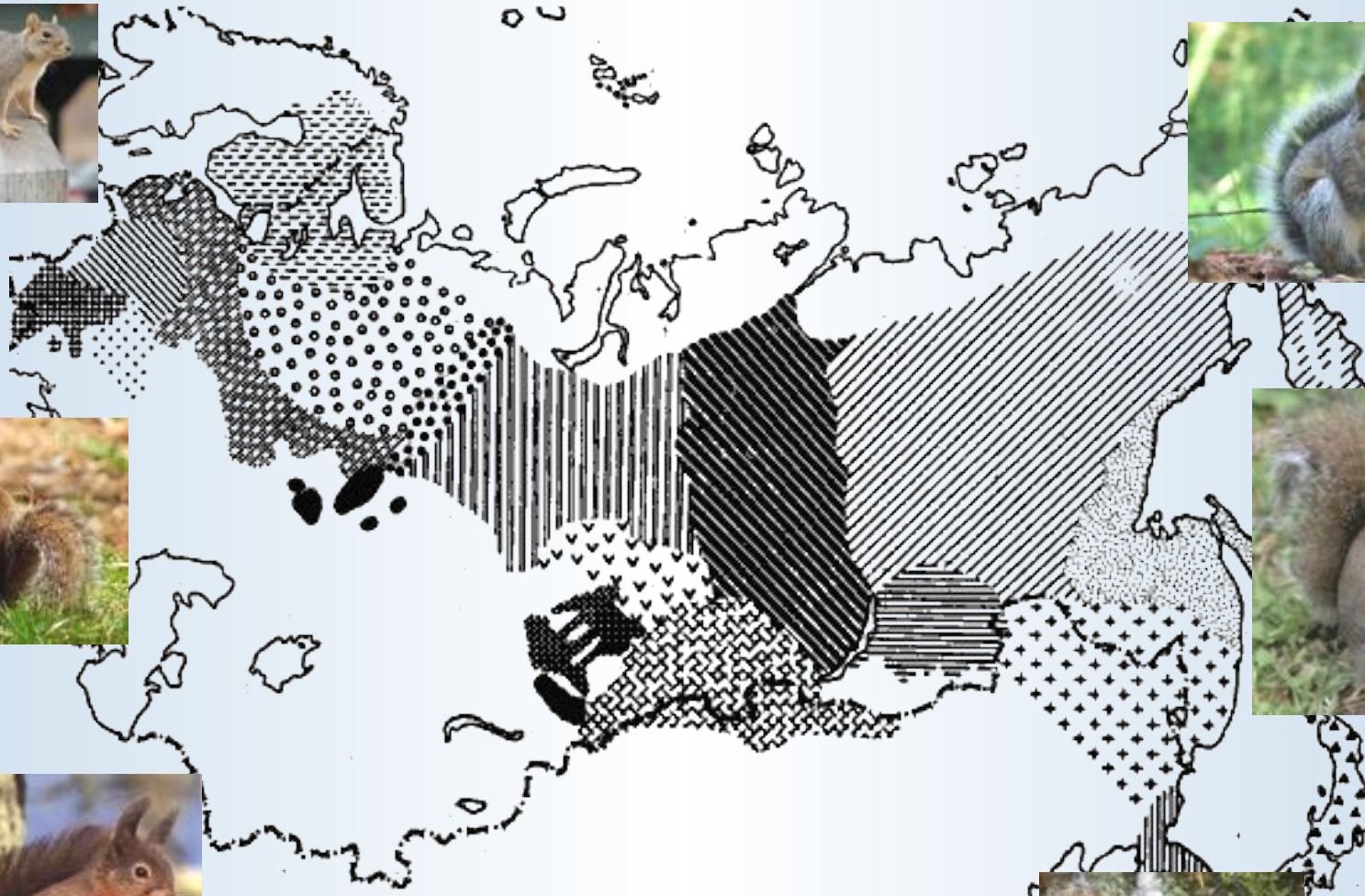


# Популяционная структура вида

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



# Популяционная структура вида



Ареалы подвидов белки



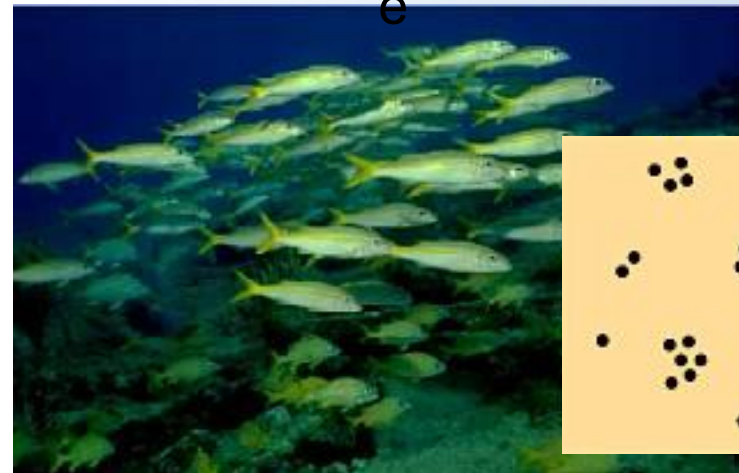
# Структура популяции

Разные популяции характеризуются различной пространственной структурой – расположением особей в пространстве



Случайно

e



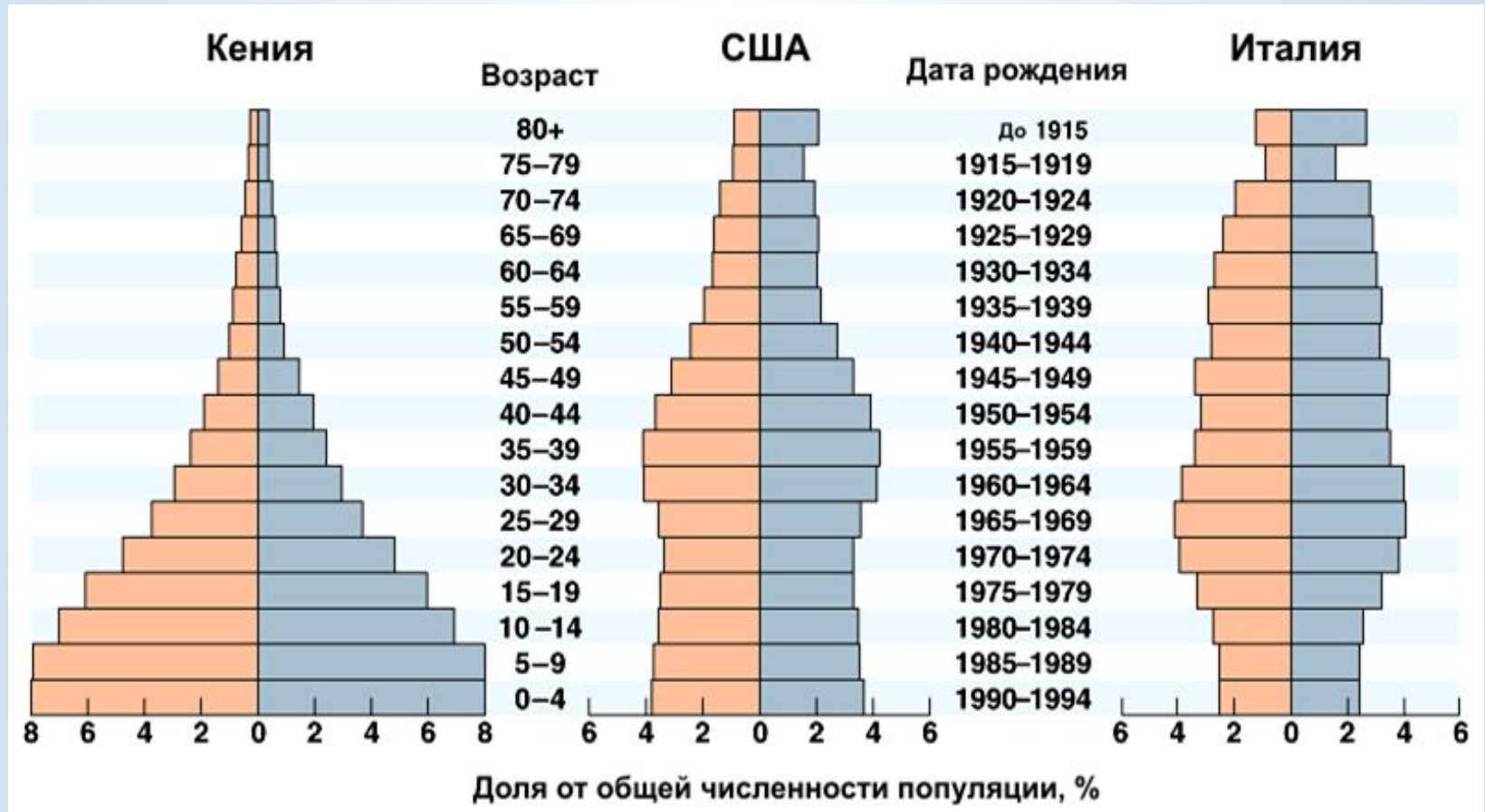
Групповое



Равномерное

# Структура популяции

Популяции одного вида могут различаться соотношением числа особей разных возрастных групп

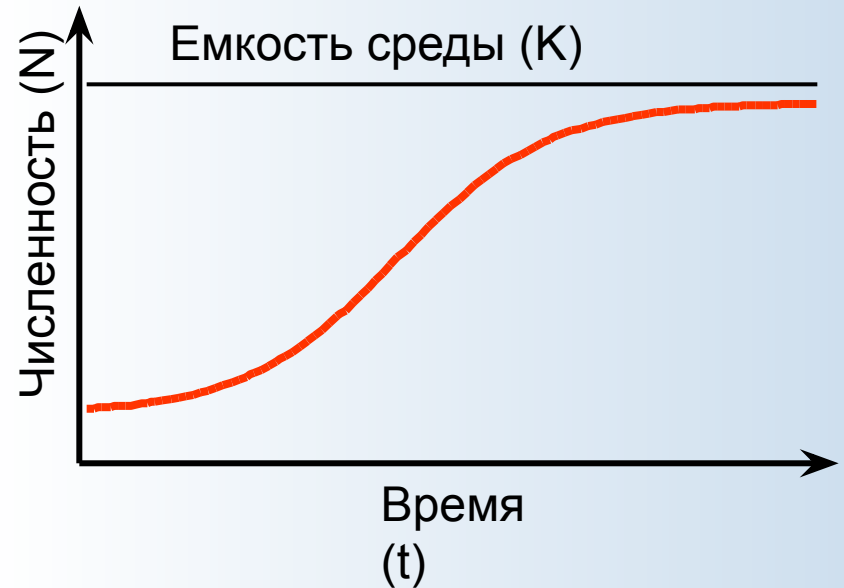


Возрастная структура населения трех стран с различными социальными условиями

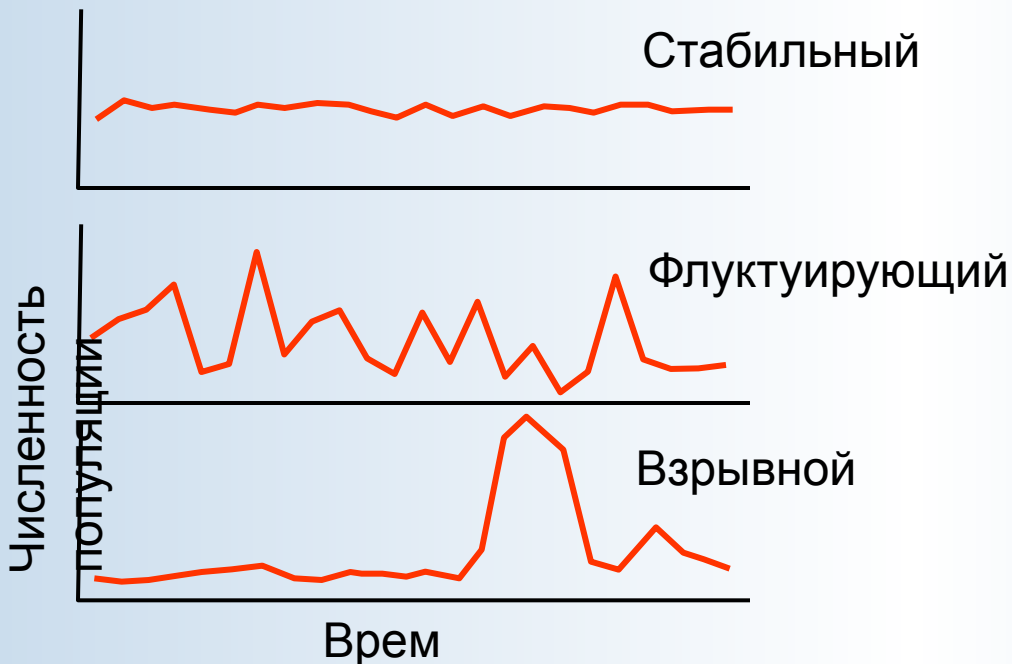
# Динамика популяций

Логистический закон роста популяции:

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



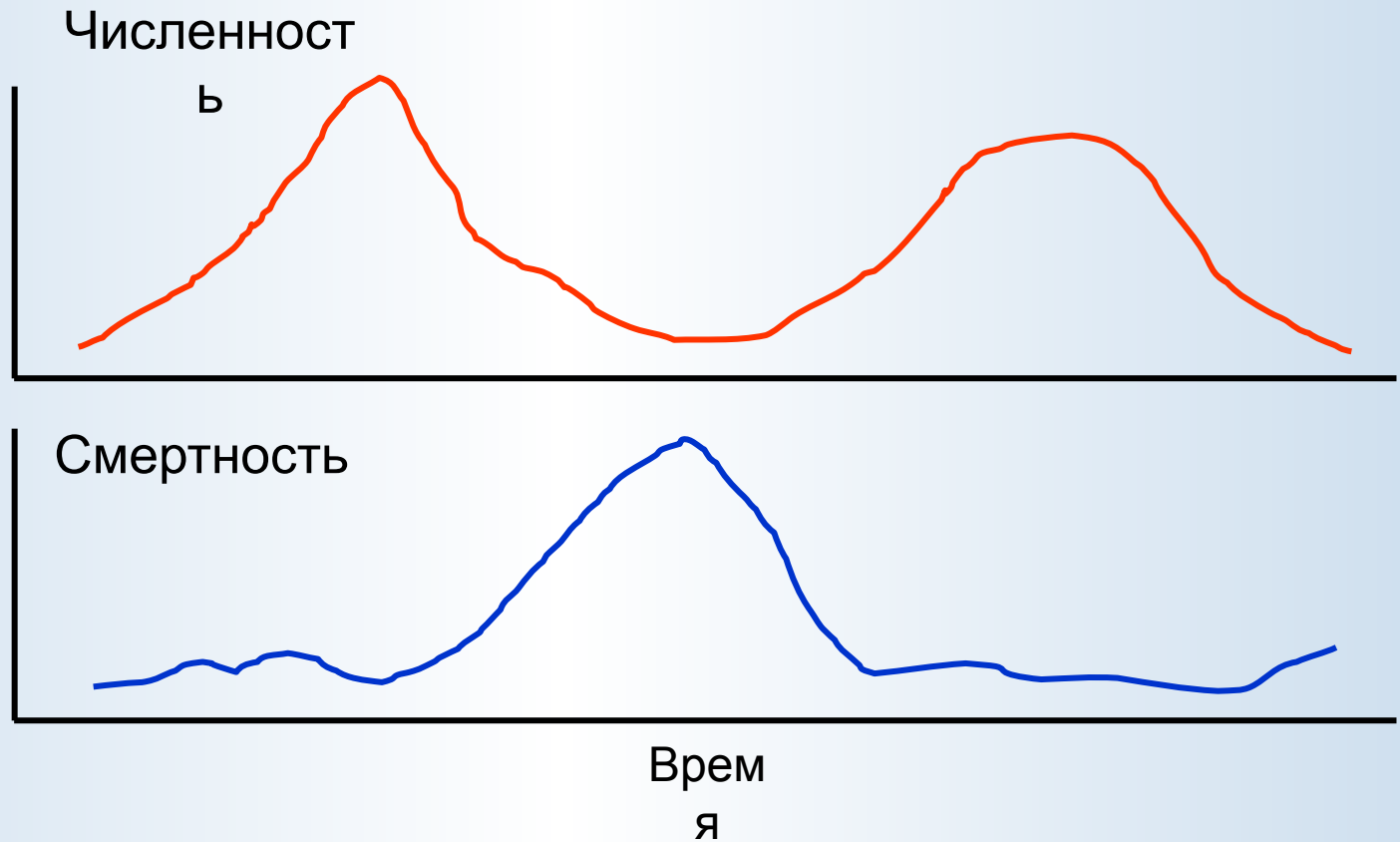
Типы популяционной динамики



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 стратегиями большого числа потомков. Организмы, которые производят небольшое количество потомков, но при этом имеют высокую выживаемость, называются стратегиями малого числа потомков. Организмы, которые производят большое количество потомков, но при этом имеют высокую выживаемость, называются стратегиями большого 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.

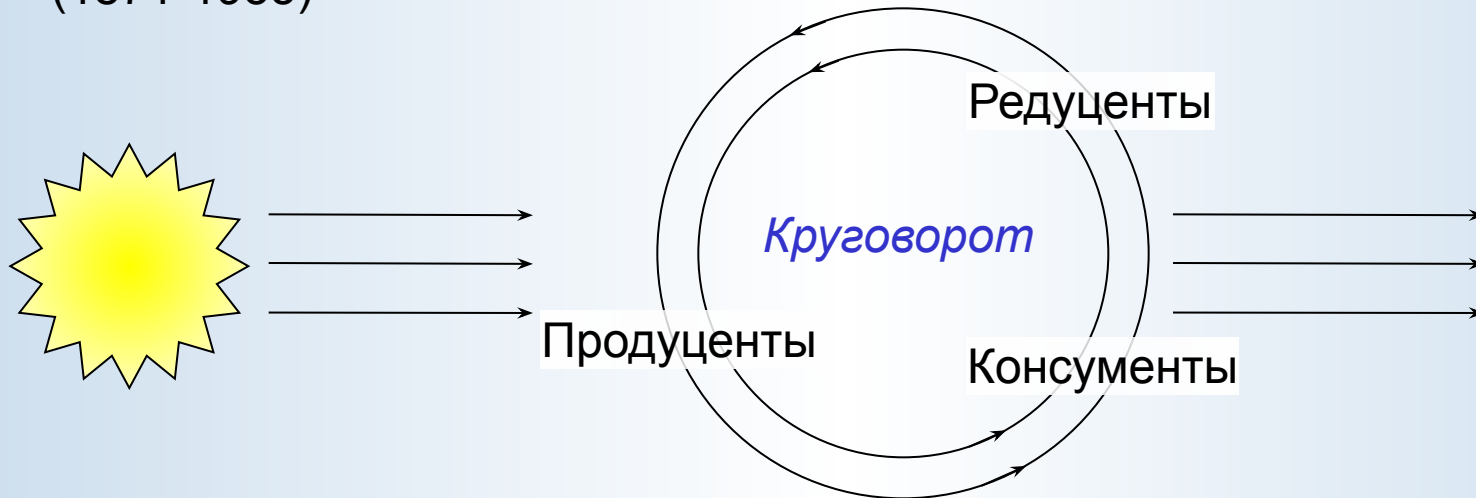
# Концепция экосистемы



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 обусловленный комплекс.

В. Н. Сукачев, 1942



Схема биогеоценоза (из работы В. Н. Сукачева)

# Биогеохимические циклы



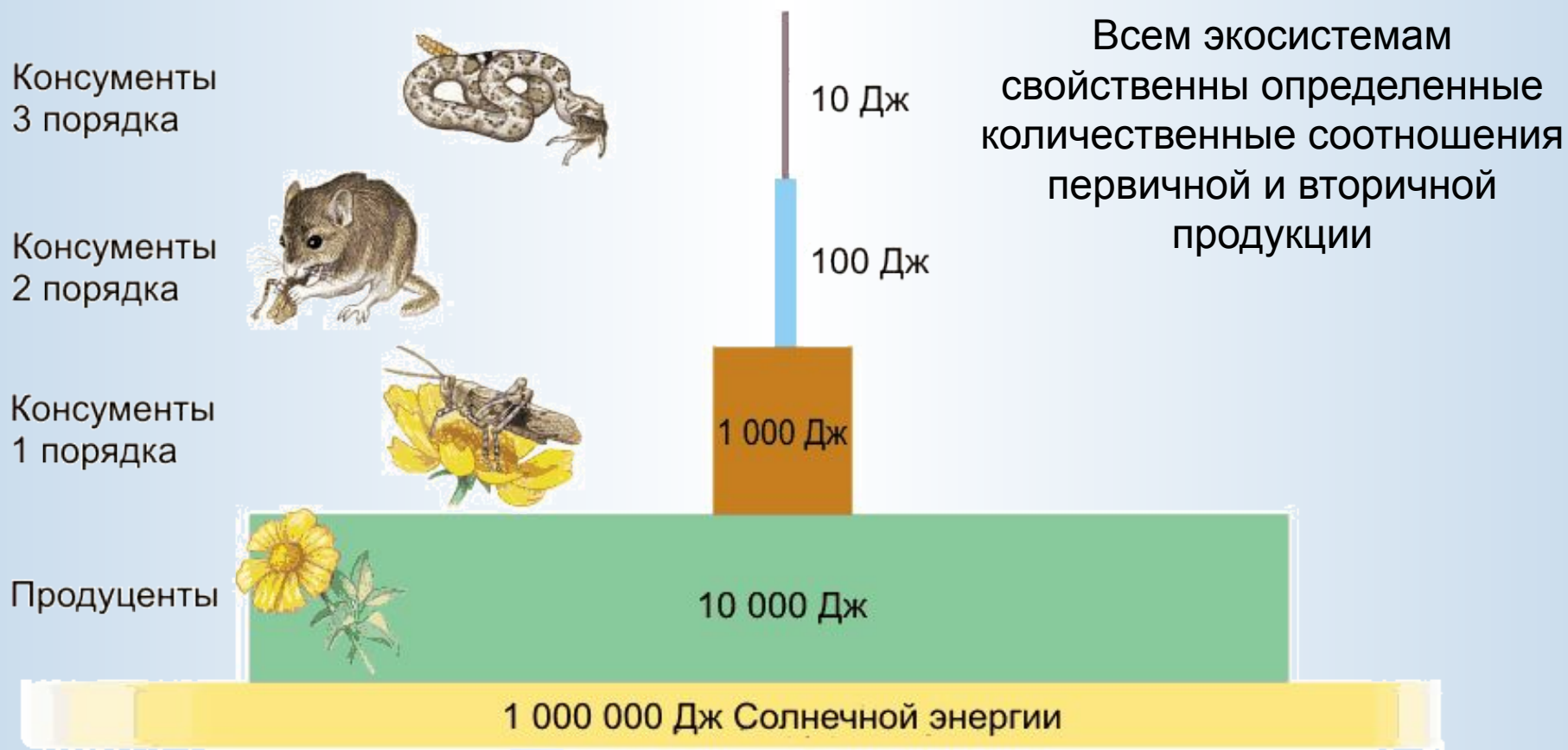
# Концепция продуктивности

**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

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

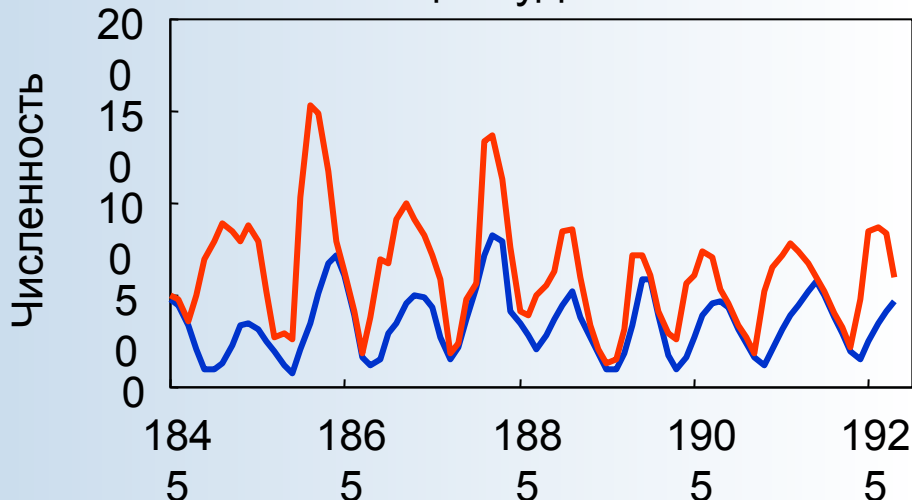
$$\frac{dN_2}{dt} = p_2 N_1 N_2 - d_1 N_2$$

Конкурирующие

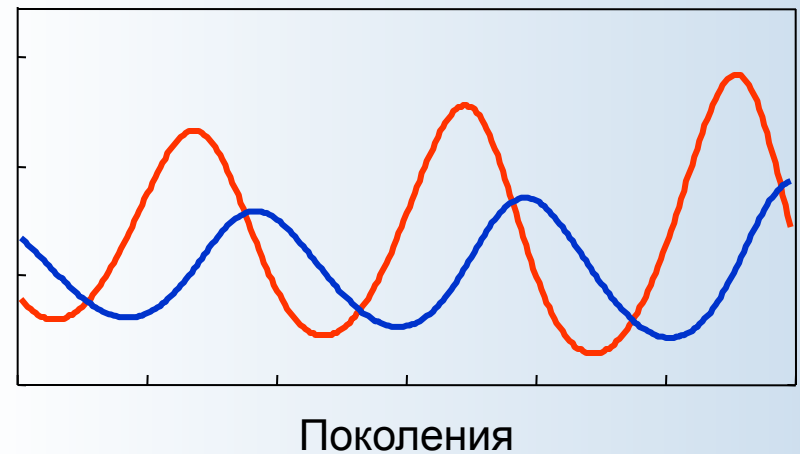
$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \frac{K_1 - N_1 - \alpha_{12} N_2}{K_1}$$

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

Рысь и заяц в Гудзоновом заливе



Математическая модель

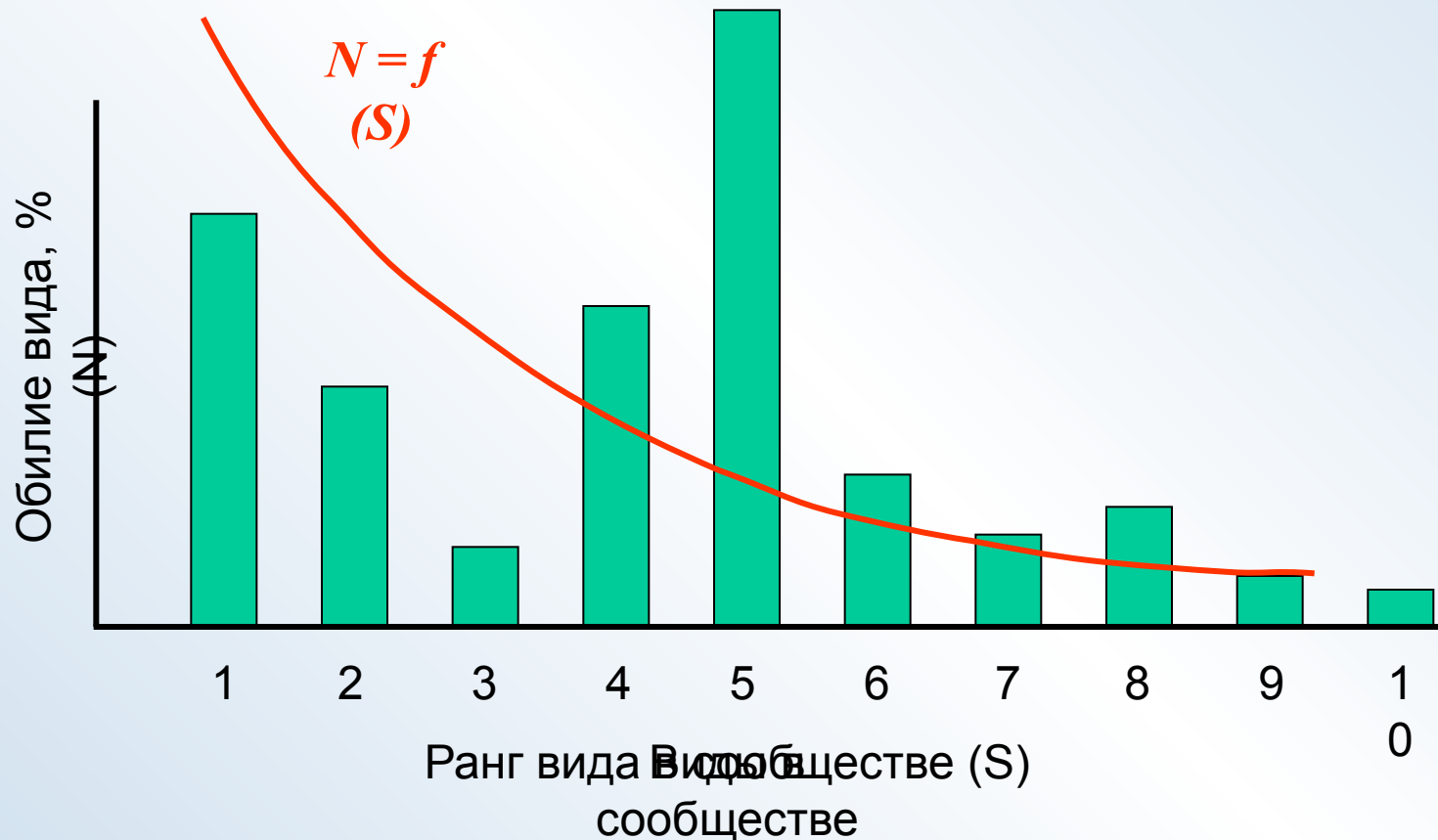




# Структура биоценоза

## Видовая структура биоценоза

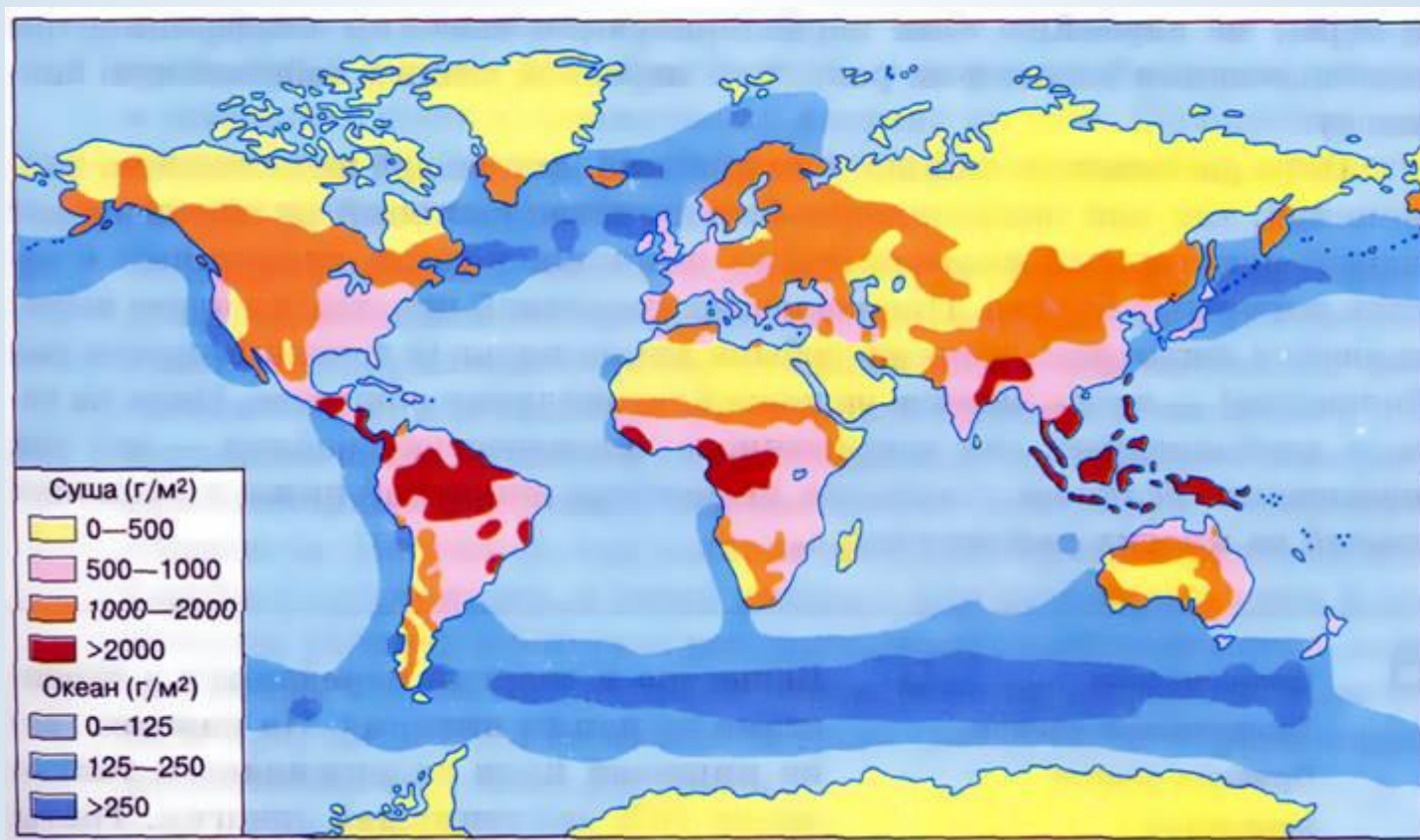
Существует ли закономерность в распределении видов по обилию?



# 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».



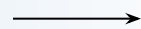
Измерение продуктивности суши и океана

# Конец XX века

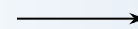
- Катастрофический рост численности населения
- Технологический взрыв. Приоритет технического развития в ущерб гармонии с природой и совершенствованию культуры.
- Иллюзия независимости от природы и все большая зависимость не деле (нехватка ресурсов).
- Окончательное осознание ограниченности ресурсов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