

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

(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.

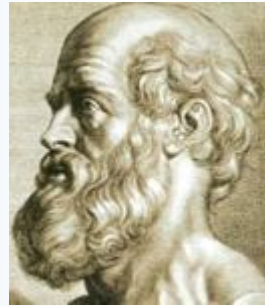
Средневековый застой.

Древний мир



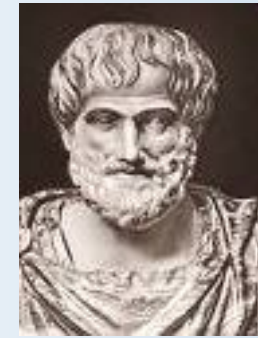
Эмпедокл
(ок. 490 - 430 гг. до н.э.)

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»

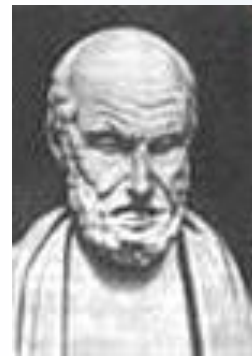
Классификация по образу жизни, способу питания



**«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)

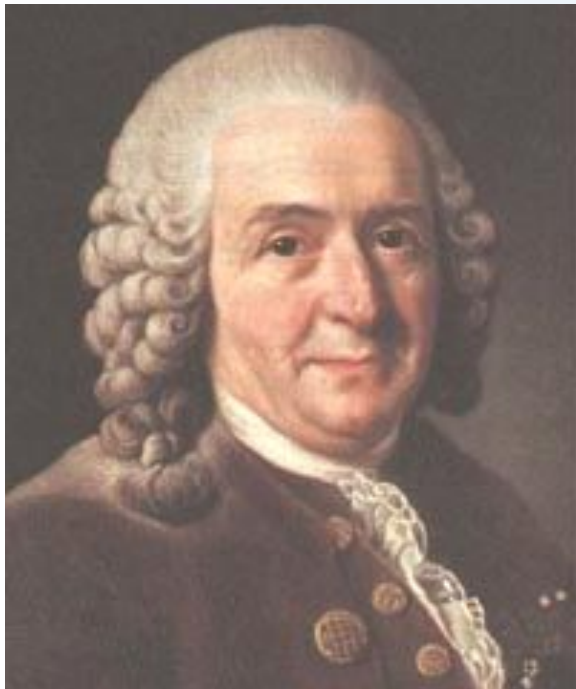
Влияние низкого
атмосферного
давления на различных
животных



Антони ван Левенгук
(1632–1723)

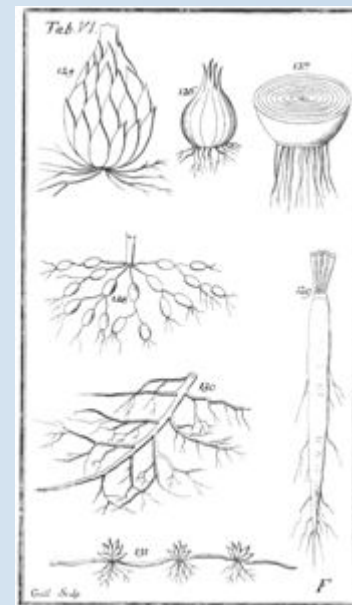
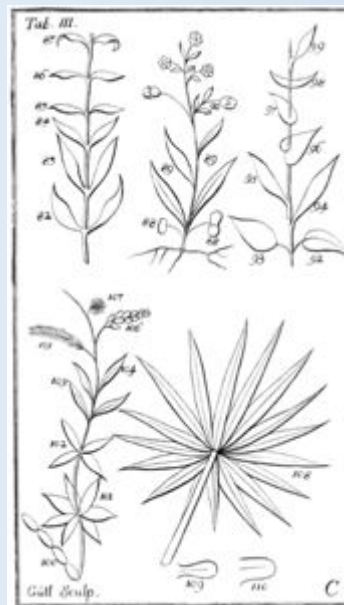
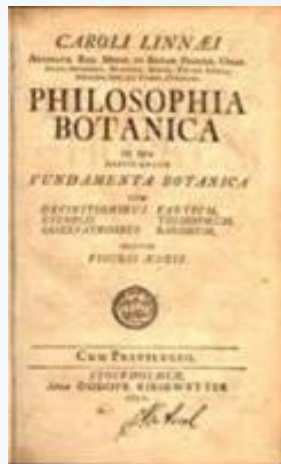
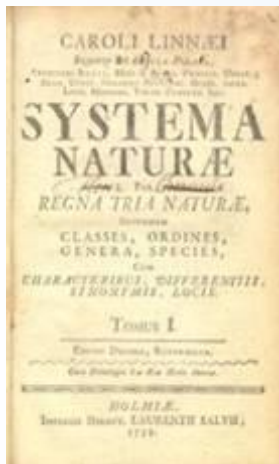
Изучение
«пищевых цепей»
и регулирования
численности
популяций

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

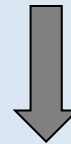


Зависимости формы от
условий существования –
аналогичные органы



Экология

Последовательные
преобразования форм –
гомологичные органы



Эволюция

Русские путешественники XVII – XVIII вв.



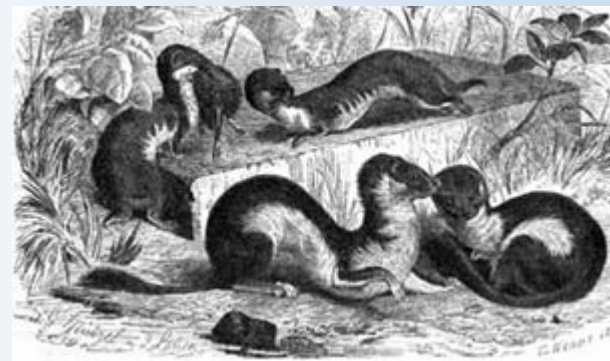
Крашенинников
Степан Петрович
(1713-1755)



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 идею географии растений
астрономическую «Фабрику» и «Фабрику растений»
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

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,
популярные, блестящие, ставшие частью и животных,
взаимосвязанных, и способных к развитию 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.*

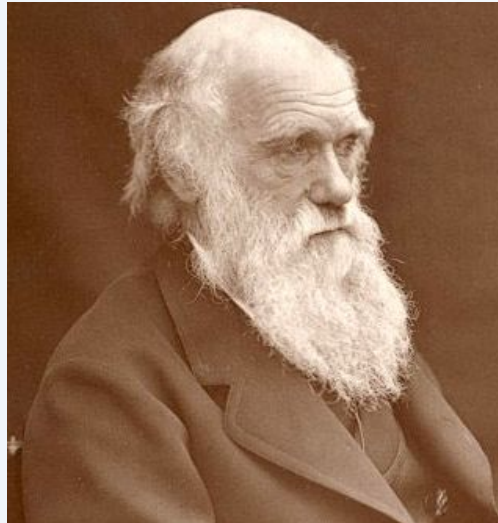
Теория эволюции



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.

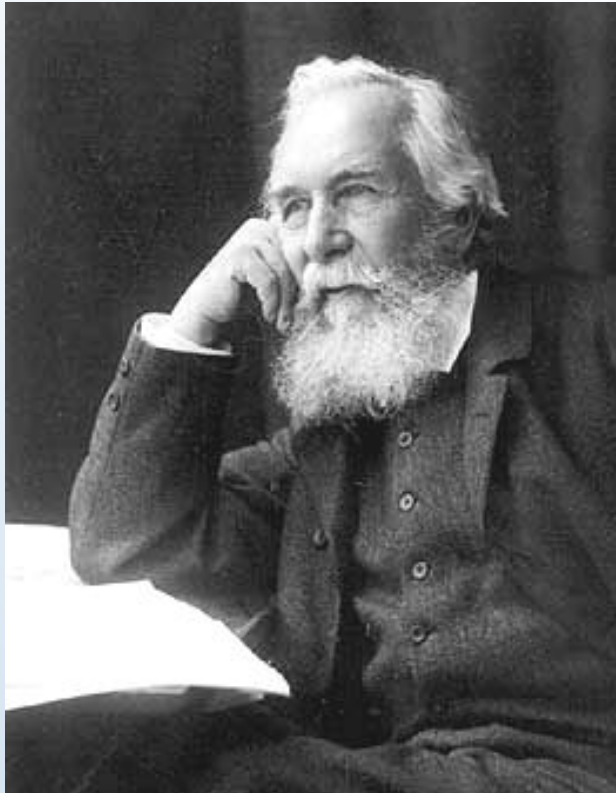
Доминирование **факториальной аутэкологии** –
изучение естественной совокупности видов,
непрерывно перестраивающихся
применительно к изменению факторов среды.

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

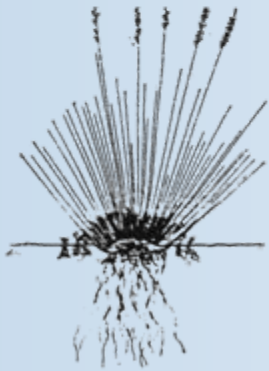
Арктика для эколога – все равно, что атом водорода для физика.

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

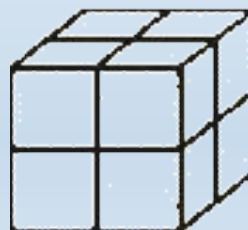
Отношение объема к поверхности (= теплопродукции к теплоотдаче):



$$S_1 = 6a^2$$

$$V_1 = a^3$$

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



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

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

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



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

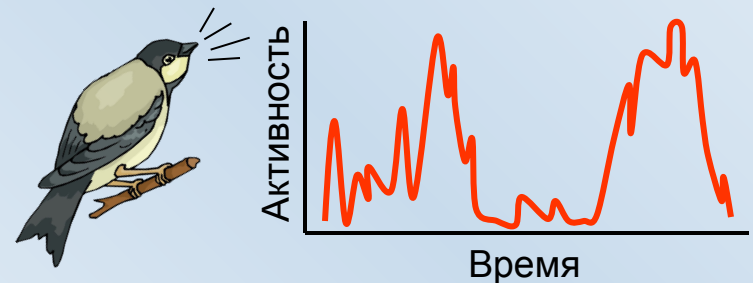


2. Учение о жизненных формах.
Конвергенции.
Экологические классификации.

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)

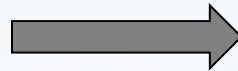
Объект экологии - сообщества организмов!
(а не отдельный организм)



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

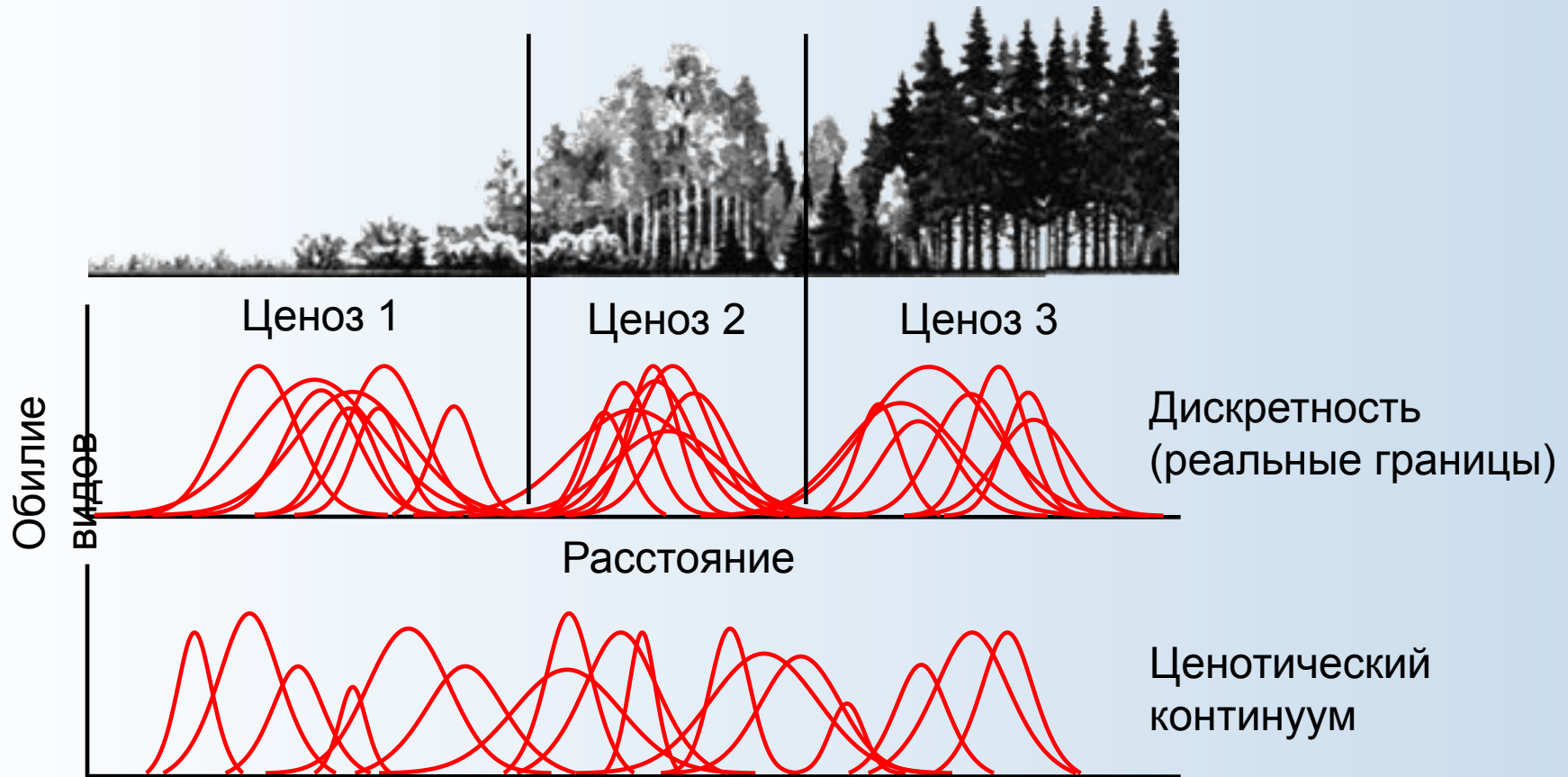
Ф. Клементс

К. Раункиер

Ж. Браун-Бланке

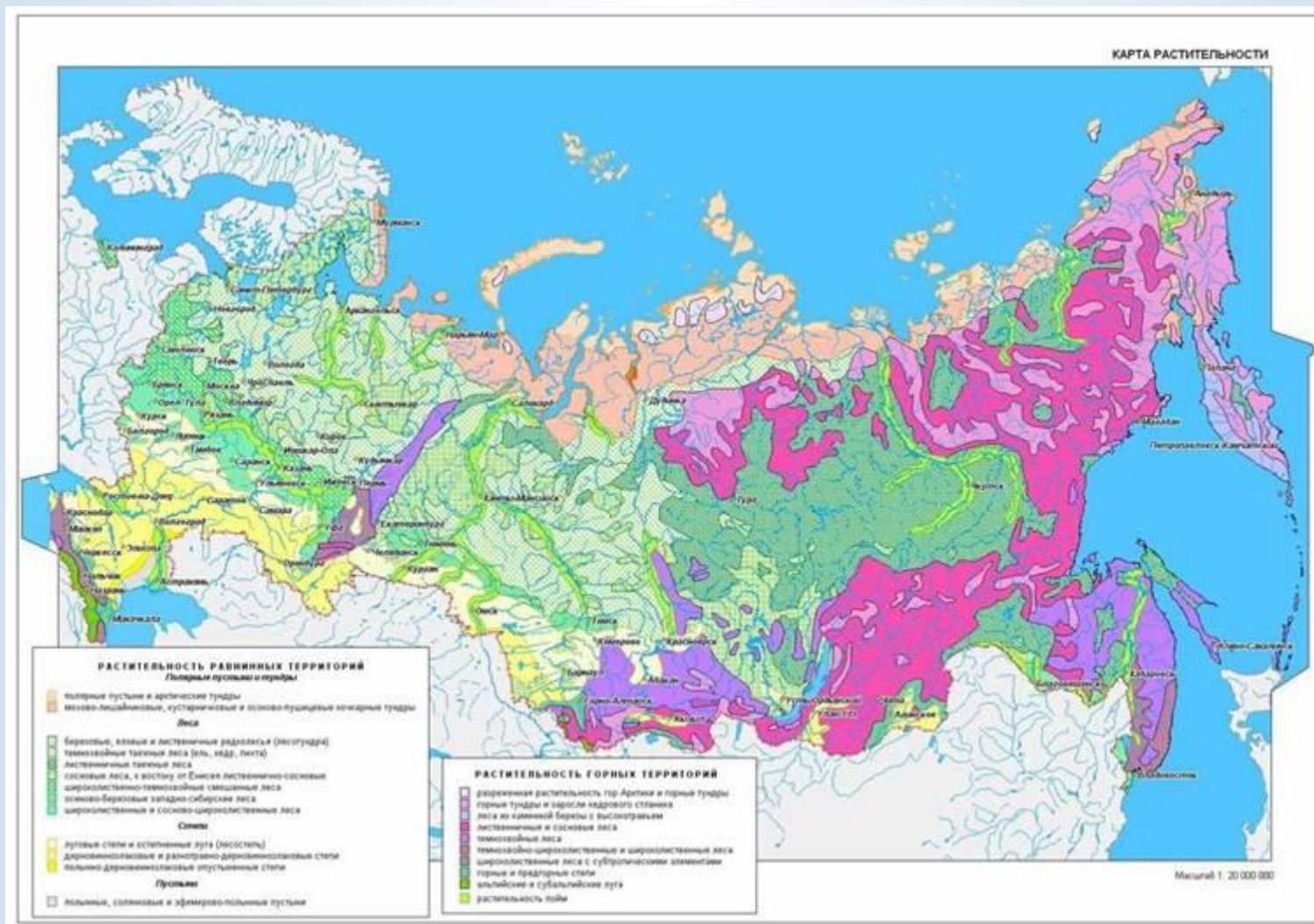
Границы биоценозов

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



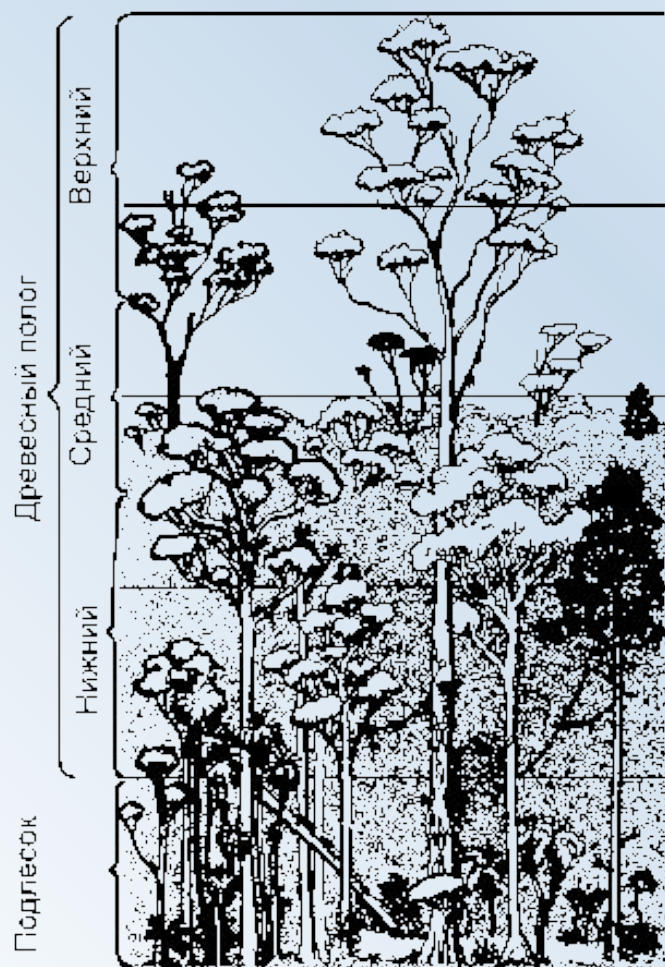
Границы биоценозов – практический аспект

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



Структура биоценозов

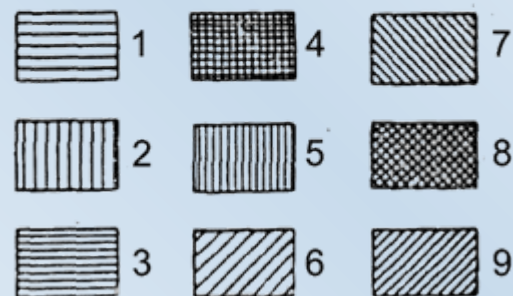
Пространственная структура фитоценоза



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



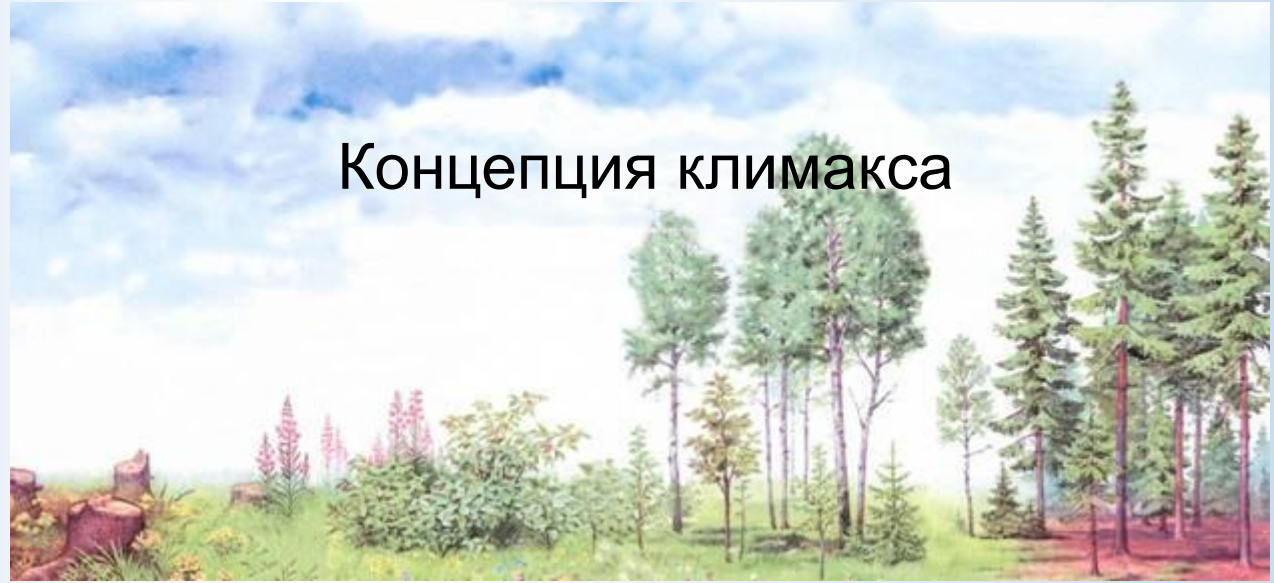
Мутуализм
м

Саморазвитие биоценозов



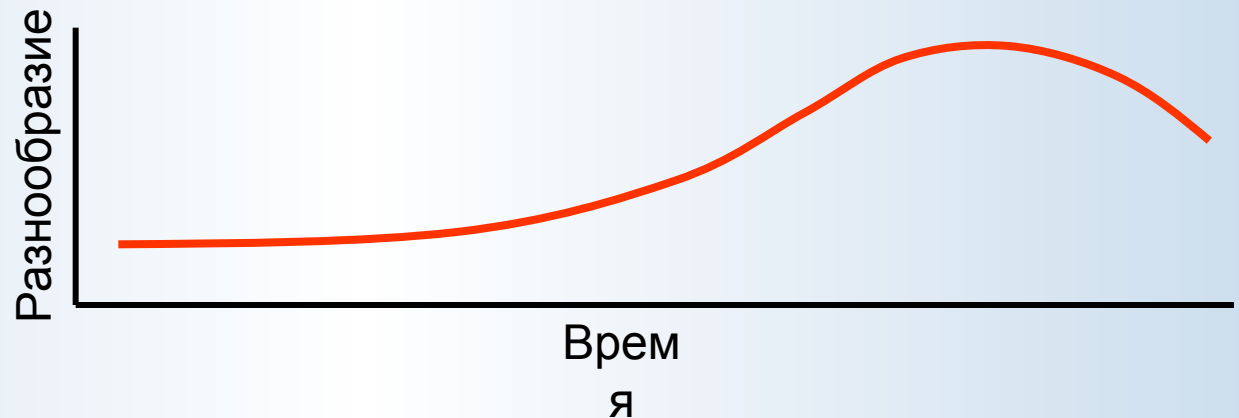
Фредерик Клементс
(1874-1945)

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

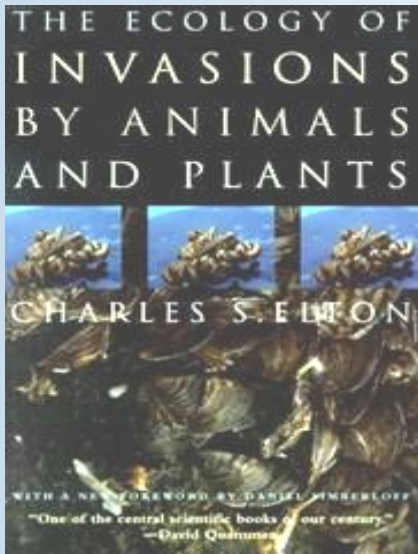
Экология сообществ

(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

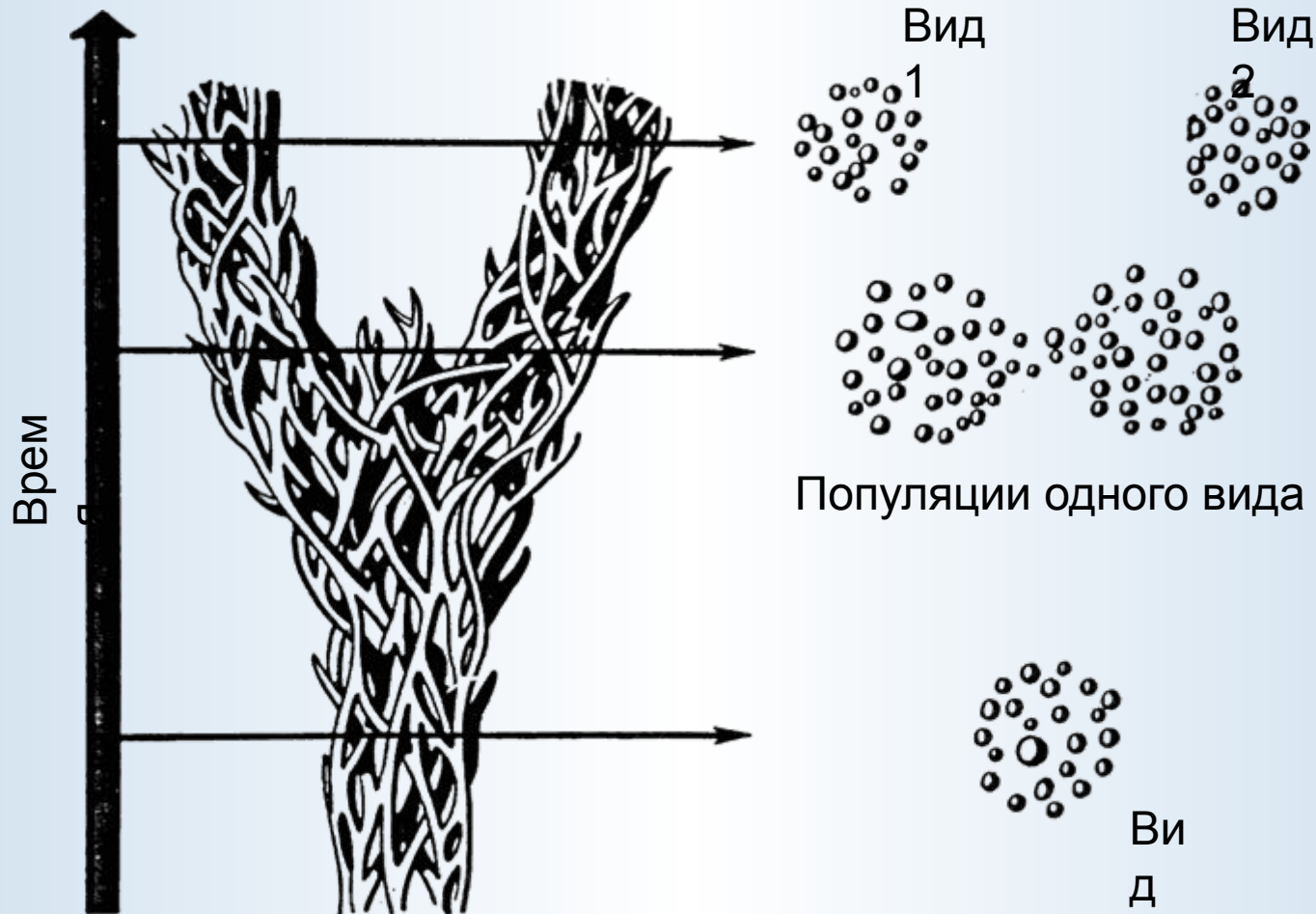
Популяция – группа особей **одного вида**, взаимодействующих между собой и населяющих общую территорию.

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

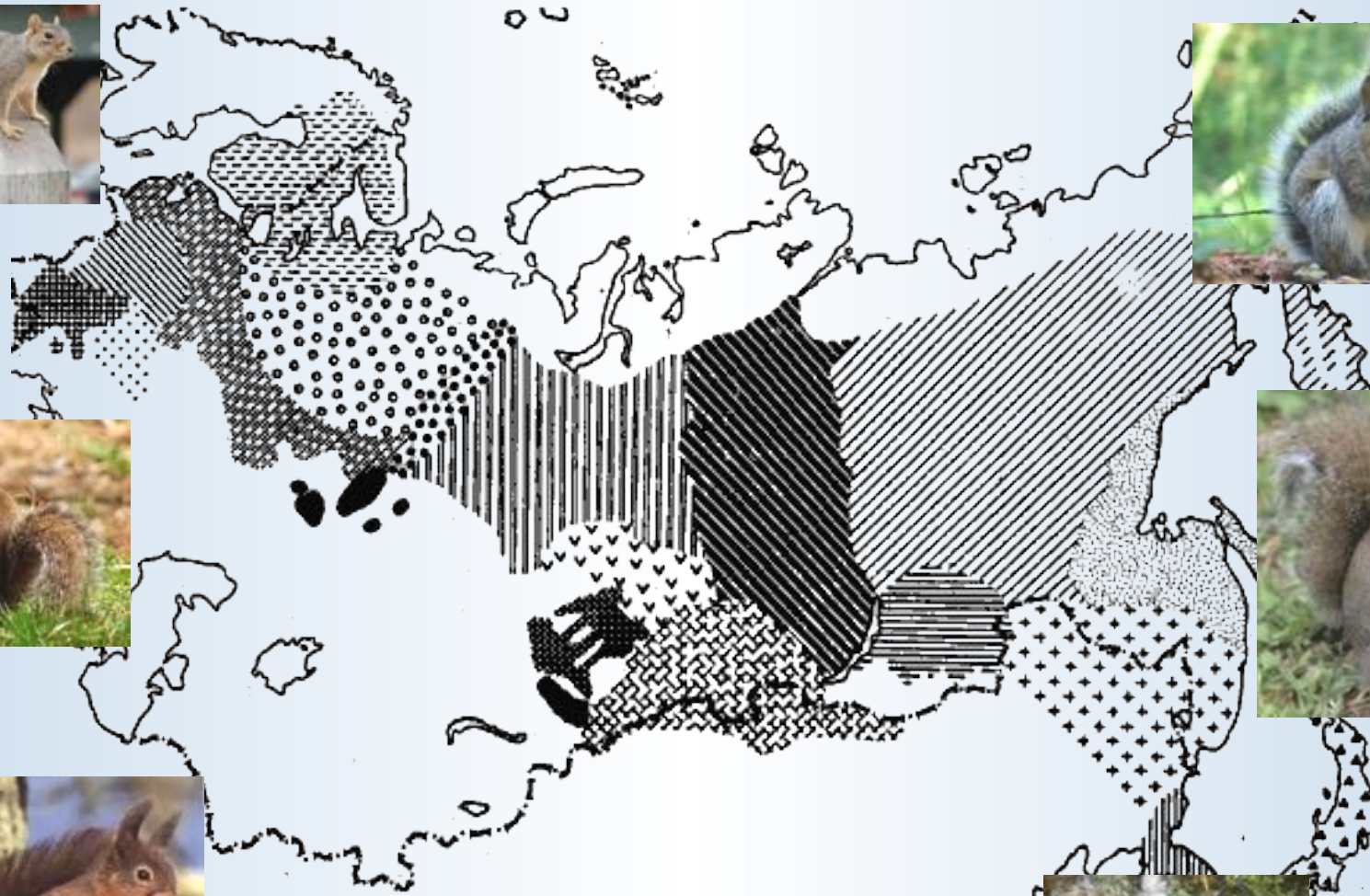
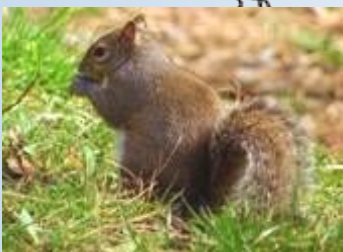


Популяционная структура вида

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



Популяционная структура вида



Ареалы подвидов белки

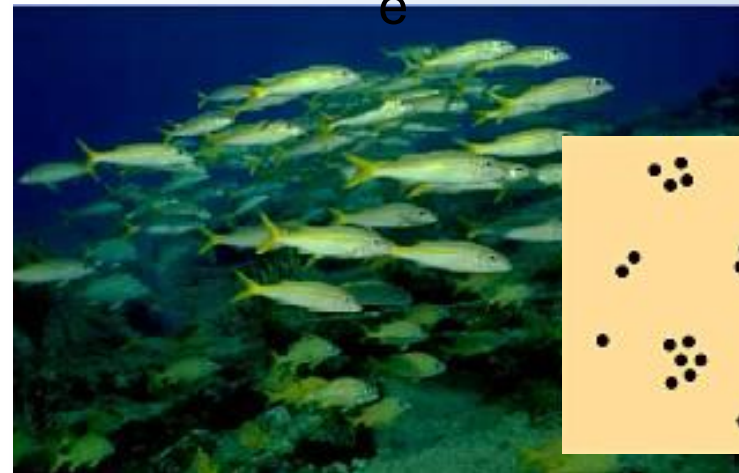
Структура популяции

Разные популяции характеризуются различной пространственной структурой – расположением особей в пространстве



Случайно

e



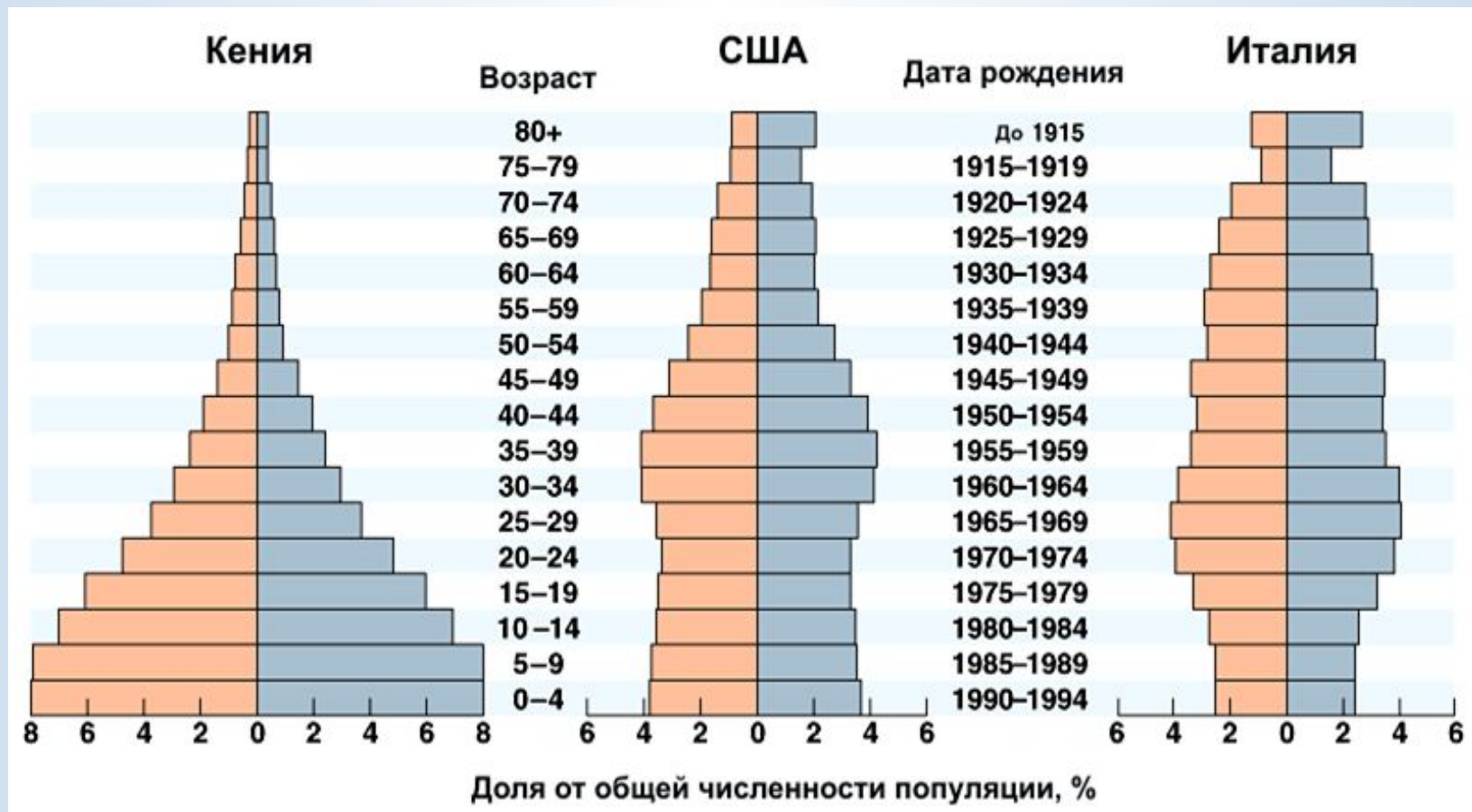
Групповое



Равномерное

Структура популяции

Популяции одного вида могут различаться соотношением числа особей разных возрастных групп

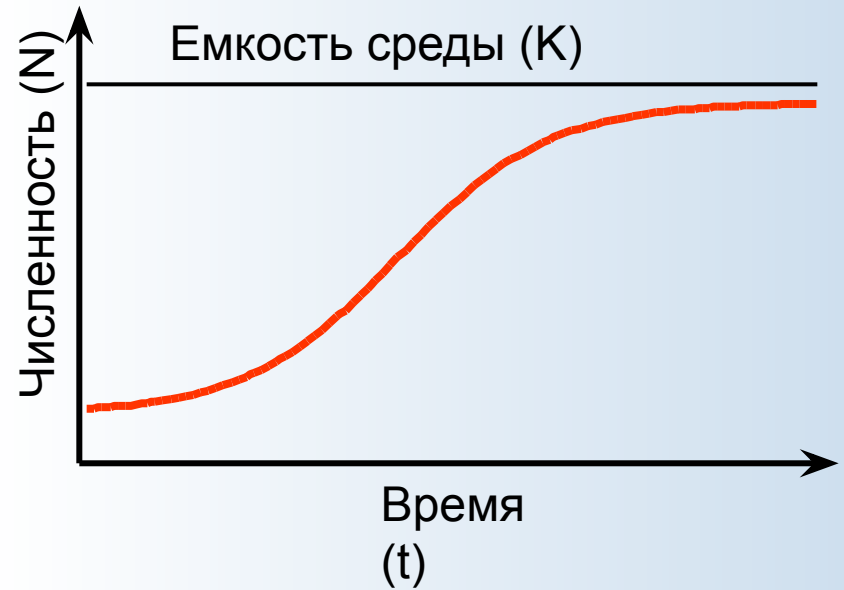


Возрастная структура населения трех стран с различными социальными условиями

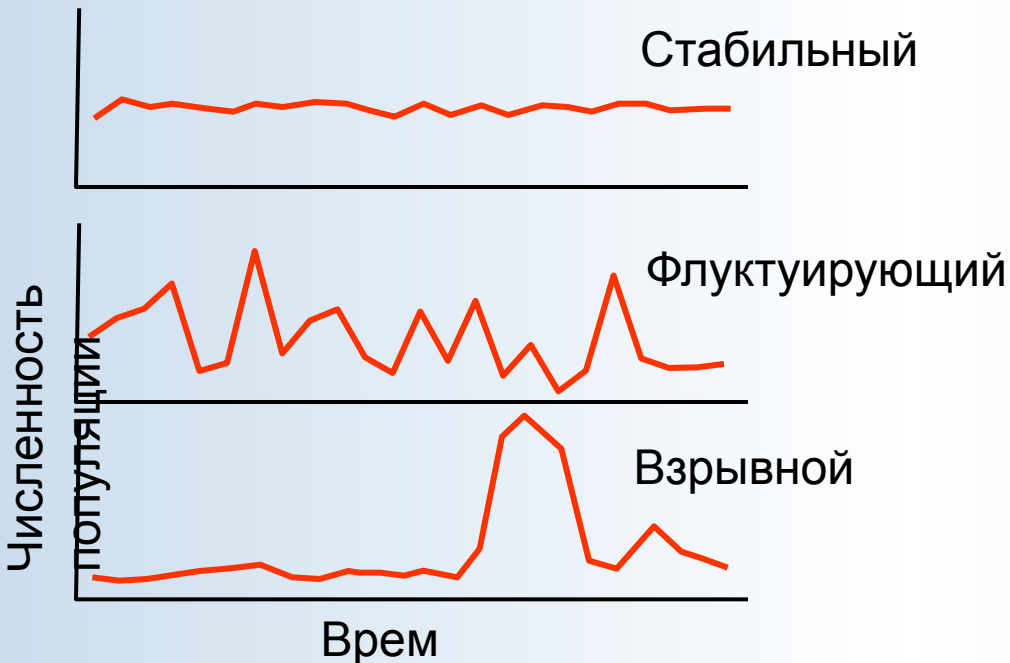
Динамика популяций

Логистический закон роста популяции:

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



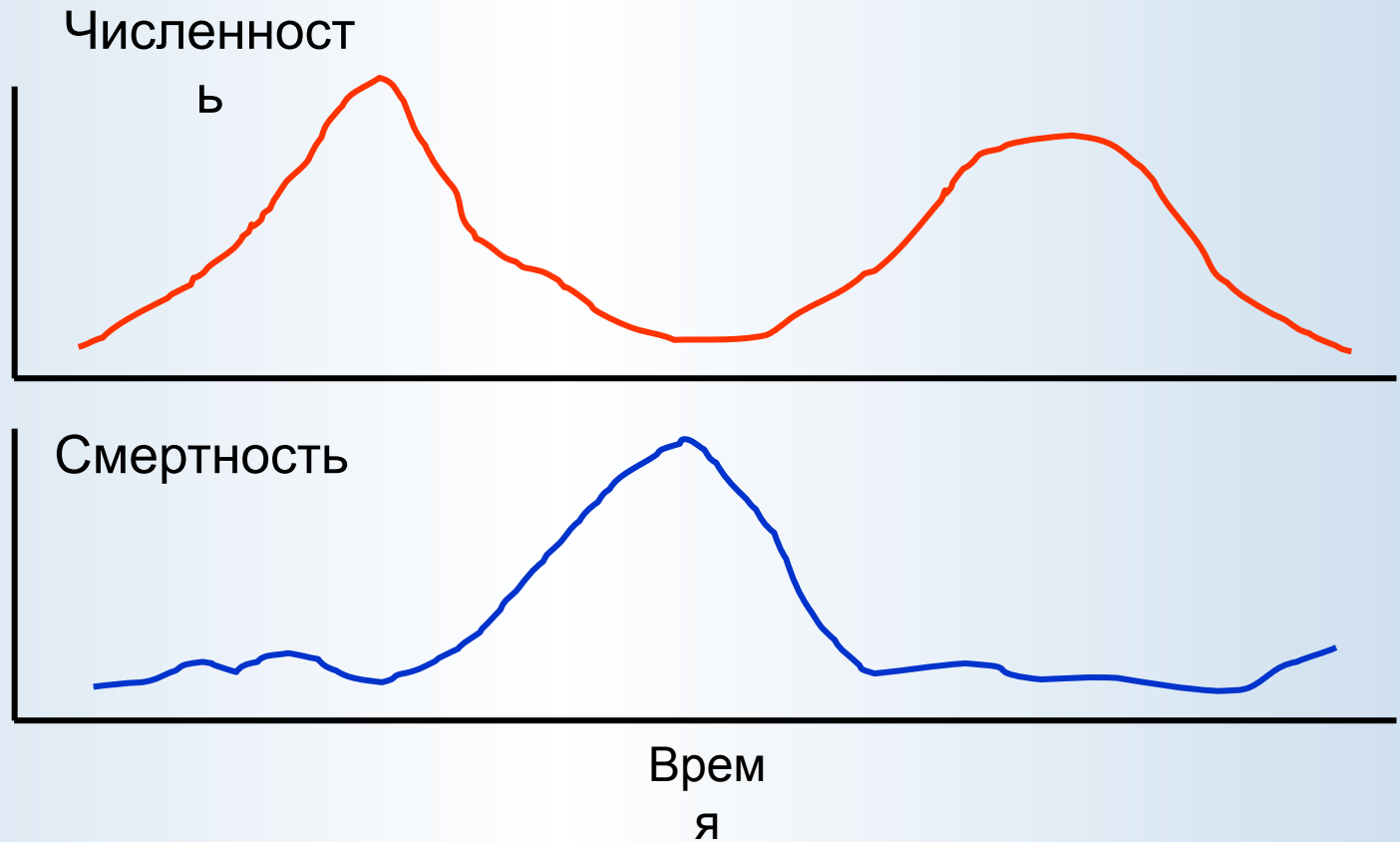
Типы популяционной динамики



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 обе стратегии. Например, некоторые организмы используют r-стратегию в молодом возрасте и K-стратегию в старости. В природе существует множество организмов, которые используют обе стратегии. Например, некоторые организмы используют r-стратегию в молодом возрасте и K-стратегию в старости.

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.

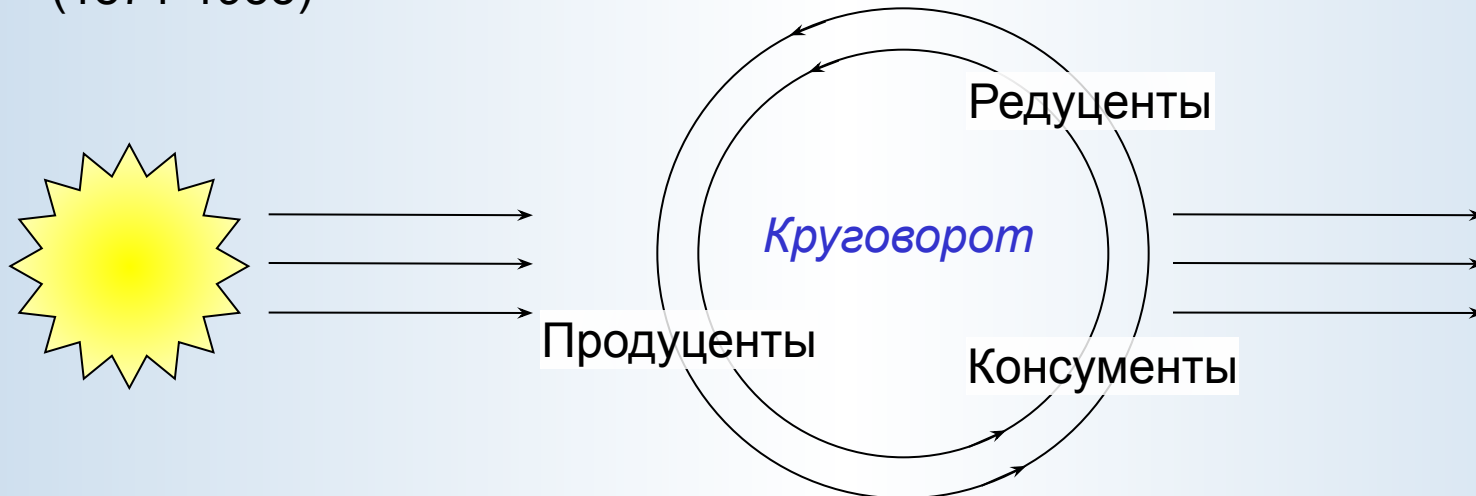
Концепция экосистемы



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



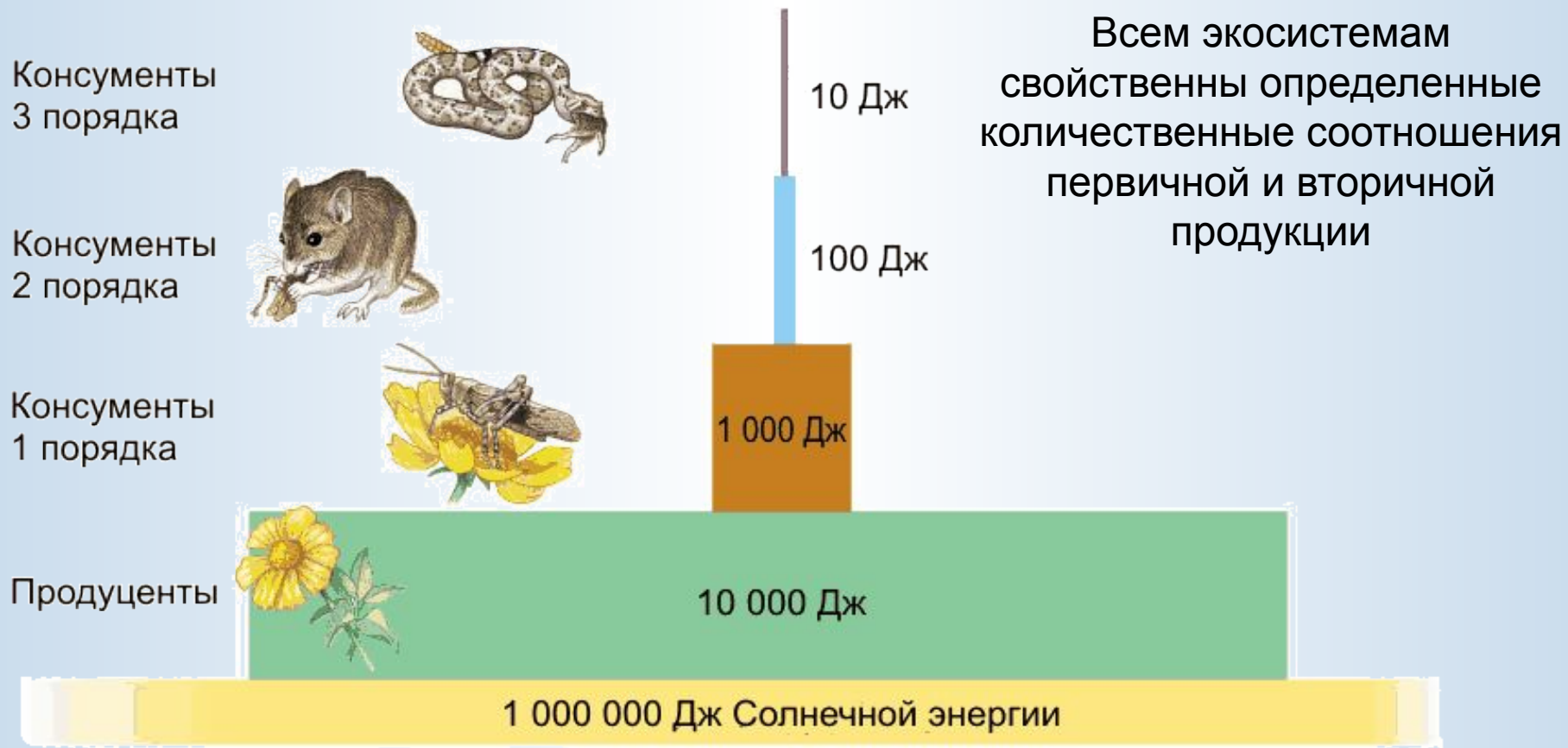
Концепция продуктивности

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

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

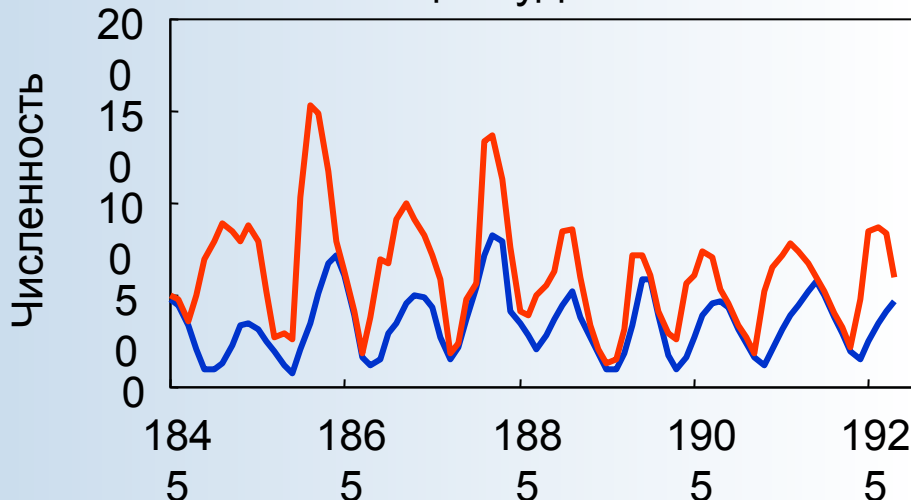
$$\frac{dN_2}{dt} = p_2 N_1 N_2 - d_1 N_2$$

Конкурирующие

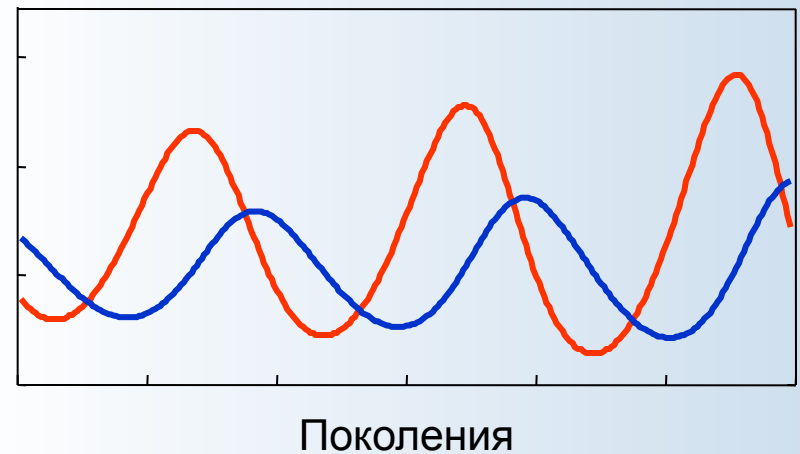
$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \frac{K_1 - N_1 - \alpha_{12} N_2}{K_1}$$

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

Рысь и заяц в Гудзоновом заливе



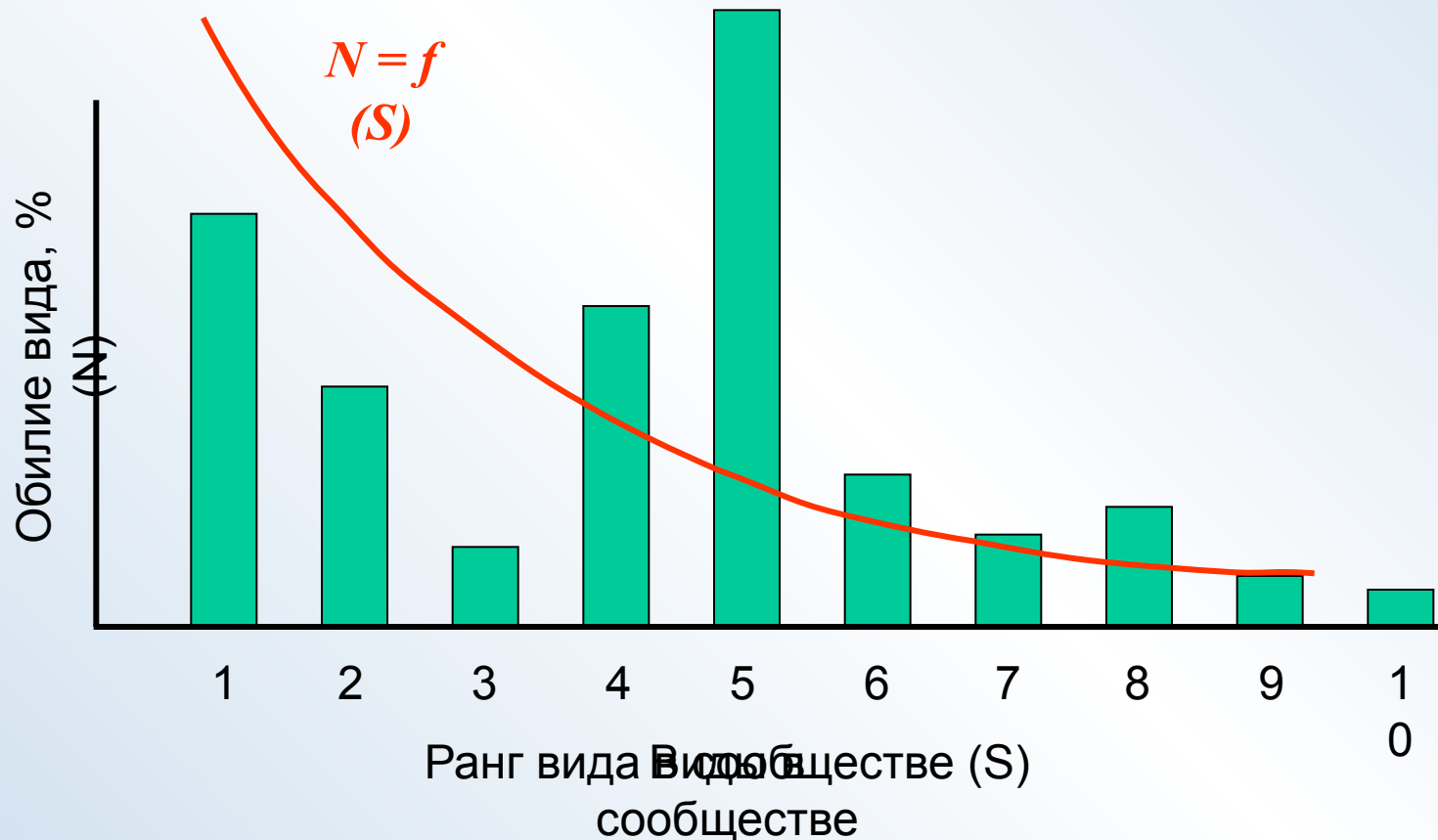
Математическая модель



Структура биоценоза

Видовая структура биоценоза

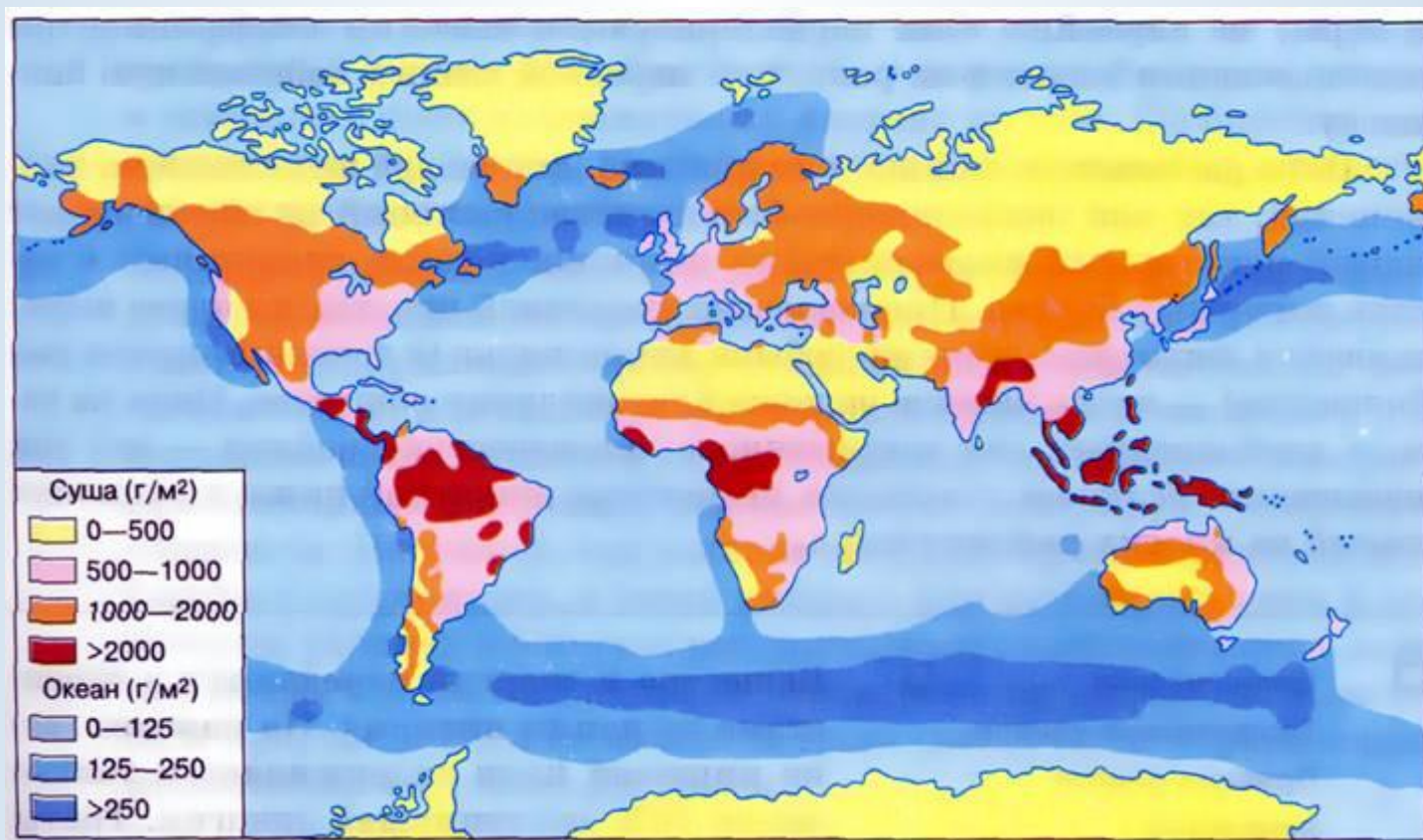
Существует ли закономерность в распределении видов по обилию?



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».



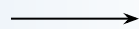
Измерение продуктивности суши и океана

Конец XX века

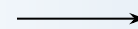
- Катастрофический рост численности населения
- Технологический взрыв. Приоритет технического развития в ущерб гармонии с природой и совершенствованию культуры.
- Иллюзия независимости от природы и все большая зависимость не деле (нехватка ресурсов).
- Окончательное осознание ограниченности ресурсов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