

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(Технический университет)»

---

Кафедра инженерной защиты окружающей среды

**С.В. Колесников**

# **ЭКОЛОГИЯ**

Учебное пособие  
для студентов заочной формы обучения

Санкт-Петербург  
2010

В учебном пособии изложены основные понятия общей экологии: экологические системы, популяции, экологическая ниша и др. Рассмотрены общие экологические закономерности. Приведены данные человека – как биологического вида. В заключение рассмотрены вопросы биогеохимии, климатологии.

Учебное пособие предназначено для студентов 4 курса заочной формы обучения специальностей: 220701, 230100, 240301, 240304, 240403, 240501 и соответствует рабочей программе дисциплины «Экология».

ЗАОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ЭКОЛОГИИ.....	6
2 СУТЬ ЖИЗНИ, ЕЕ ФОРМЫ.....	14
3 ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЖИЗНИ.....	26
4 СТРОЕНИЕ БИОСФЕРЫ.....	38
5 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ.....	53
6 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША.....	69
7 ПОПУЛЯЦИИ КАК ФОРМА СУЩЕСТВОВАНИЯ ВИДА.....	84
8 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА.....	100
9 ПРОДУКТИВНОСТЬ ЭКОСИСТЕМ.....	113
10 ЧЕЛОВЕК КАК БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВИД.....	123
11 СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ.....	145
12 ОСНОВЫ КЛИМАТОЛОГИИ.....	162
13 ОСНОВЫ БИОГЕОХИМИИ.....	177
КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ.....	191
Контрольная работа №1.....	191
Контрольная работа №2.....	193
Контрольная работа №3.....	195

## **ВВЕДЕНИЕ**

Цель учебной дисциплины «Экология» - подготовка экологически грамотного специалиста, способного в процессе принятия и реализации технических и хозяйственных решений исключать или сводить к минимуму возможный ущерб качеству окружающей среды и здоровью населения.

Задачи изучения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- общие основы экологии как научной базы природопользования в целом и своей профессиональной деятельности, в частности;

- основные законы экологии, лежащие в основе охраны окружающей природной среды и безопасности жизнедеятельности.

Студент должен уметь:

- принимать экологически безопасные организационно-технические решения в пределах своей компетенции на уровне предприятия;

- производить оценку технологических процессов, оборудования, средств автоматизации и контроля с точки зрения требований экологической безопасности.

**Содержание учебной дисциплины :**

**Предмет и задачи экологии**

Состояние окружающей среды в России. Общее понятие об экологии и его эволюция. Содержание экологии как биологической дисциплины. Экология и инженерная защита окружающей среды.

**Основы учения о биосфере**

Суть жизни и ее формы. Закономерности, присущие жизни: обмен веществ, размножение, наследственность, изменчивость, приспособляемость, рост, развитие, раздражимость, подвижность и др.

Современные представления о возникновении жизни на Земле. Многообразие живых существ, их строение и функции, происхождение, эволюция, распространение и развитие, взаимосвязь друг с другом и с неживой природой.

Систематика растений и животных. Основные закономерности роста и развития растений. Фотосинтез. Транспирация. Дыхание растений. Основные закономерности водопотребления растений.

Строение биосферы. Живое, косное и биокосное вещество. Абиотические составляющие биосферы: атмосфера, гидросфера, литосфера. Эволюция биосферы. Роль человека в эволюции биосферы.

**Основные понятия экологии**

Понятие об экологическом факторе. Классификация экологических факторов. Загрязняющие вещества как экологические факторы.

Толерантность организма к экологическим факторам. Закон лимитирующего фактора. Классификация организмов по отношению к экологическим факторам, адаптации организмов к факторам окружающей среды.

Экологическая ниша. Закон Гаузе. Параметры экологической ниши. Антропогенные воздействия на нишу. Ареал вида.

Популяция как форма существования вида. Популяционный анализ.

Динамика популяций. Понятие о емкости экологической ниши и плотности популяции. Рождаемость и смертность. Баланс популяции. Причины нарушения баланса популяции. Выживаемость особей факторы, ее определяющие. Скорость роста популяции. Типы динамики популяций. Гомеостаз популяций.

Экологическая система. Сущность, сходство и различия понятий "экологическая система" и "биогеоценоз". Структура и основные компоненты экологической системы.



Биотоп и биоценоз. Климатоп и эдафотоп. Биоценоз, фитоценоз, микробоценоз. Экологическая система как объект антропогенного воздействия.

Свойства экологических систем и закономерности их функционирования. Гомеостаз и сукцессия экологической системы. Закономерности последовательных смен комплексов организмов в экосистемах во времени.

Трофические цепи и уровни. Автотрофные и гетеротрофные организмы, продуценты и консументы, биоредуценты и сапрофаги-деструкторы. Пирамиды чисел, энергии и биомассы. Накопление вредных веществ в трофических цепях. Продуктивность экологических систем. Накопление вещества экосистемой как мера ее продуктивности. Первичная, вторичная, валовая продуктивность. Чистая продуктивность. Энергия в экологических системах.

Искусственные экологические системы. Продуктивность искусственных экологических систем и специфика потока энергии в них.

Методы изучения экологических систем. Натурные наблюдения и эксперименты. Моделирование экологических систем. Примеры реализации математических моделей экологических систем. Основные понятия системной экологии.

#### **Экология человека**

Человек как биологический вид. Экологическая ниша человека и ее обеспечение в условиях производства и в планетарном масштабе. Жилище человека с позиций экологии. Демография. Причины "демографического взрыва" и его последствия. Прогнозы на будущее.

#### **Основы климатологии**

Погода и климат. Классификация климатов. Климатообразующие факторы. Антропогенные изменения глобального климата.

Антропогенное влияние на климат Земли. Источники загрязнения атмосферы. Перенос загрязнений в атмосфере. Климатические последствия загрязнения атмосферы. Проблема сохранения озонового экрана. Парниковый эффект и его возможные последствия.

#### **Основы почвоведения**

Состав и структура почвы. Роль почвы в биосферных процессах. Факторы и условия почвообразования. Эрозия и деградация почв.

Загрязнение почв пестицидами и его экологические последствия. Внесение в почву вредных веществ с минеральными удобрениями. Другие источники загрязнения почв.

#### **Загрязнение гидросферы**

Загрязнение континентальных и океанических вод. Источники загрязнения. Его экологические последствия. Эвтрофикация водоемов. Тепловое загрязнение.

#### **Основы биогеохимии**

Биогеохимический круговорот вещества и связанные с ним формы удержания, перераспределения и накопления энергии. Биогеохимические круговороты основных биогенных элементов и их нарушение человеком.

#### **Основы управления качеством окружающей среды**

Принципы экологического подхода к оценке и анализу процессов и явлений, происходящих в окружающей среде. Глобальные и региональные экологические проблемы. Проблемы экоразвития.

Нормирование качества окружающей среды. Экологическое нормирование.

## 1 ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ЭКОЛОГИИ

Экология – наука о закономерностях взаимоотношений организмов, видов, сообществ со средой обитания.

Термин «экология» предложен **Эрнестом Геккелем** (Рис 1.1) . Немецкий врач, биолог-эволюционист Э. Геккель (1834- 1919) первый понял, что взаимоотношение живых существ с внешней средой и между собой это самостоятельная и очень важная область биологии и назвал ее экологией (1866).

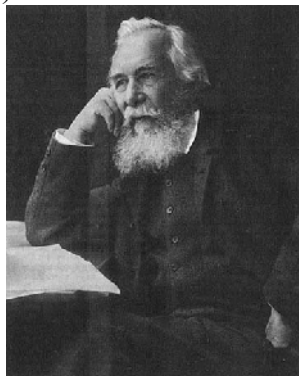


Рисунок 1.1 - Э. Геккель (1834- 1919)

Термин был составлен в соответствии с традицией того времени из 2-х греческих слов: - oikos - дом, определённое место; - logos - слово, учение. Первое определение экологии как науки было дано Э. Геккелем в следующей редакции:

«Экология — познание экономики природы, одновременное исследование всех взаимоотношений живого с органическими и неорганическими компонентами среды. Экология — это наука, изучающая все сложные взаимосвязи в природе, рассматриваемые как условия борьбы за существование.» Однако в XIX веке этот термин практически не использовался. Только в самом конце века - в 1895г. **Йоханнес Варминг** (Рисунок 1.2) - ботаник из Дании, повторно ввел термин "экология" в обиход. Варминг - один из основателей экологии, издал первую книгу об экологии растений («Экологическая география растений», 1896), прочитал первый университетский курс экологии, создал концепцию экологии.



Рисунок 1.2 - Йоханнес Варминг (1841—1924)

В настоящее время дисциплине экология дается более широкое толкование:

Экология – биологическая наука, которая исследует структуру и функционирование систем надорганизменного уровня (популяции, сообщества, экосистемы) в пространстве и времени в естественных и измененных человеком условиях. (Определение дано на

5-м Международном экологическом конгрессе (1990) с целью противодействия размыванию понятия экологии, наблюдаемому в настоящее время).

Задачи экологии весьма многообразны. В общетеоретическом плане к ним относятся:

- Разработка общей теории устойчивости экологических систем;
- Изучение экологических механизмов адаптации к среде;
- Исследование регуляции численности популяций;
- Изучение биологического разнообразия и механизмов его поддержания;
- Исследование продукционных процессов;
- Исследование процессов, протекающих в биосфере, с целью поддержания ее устойчивости;
- Моделирование состояния экосистем и глобальных биосферных процессов.

Основные прикладные задачи, которые экология должна решать в настоящее время, следующие:

- прогнозирование и оценка возможных отрицательных последствий в окружающей природной среде под влиянием деятельности человека;
- улучшение качества окружающей природной среды;
- сохранение, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов.

Оптимизация инженерных, экономических, организационно-правовых, социальных и иных решений для обеспечения экологически безопасного устойчивого развития, в первую очередь в экологически наиболее неблагоприятных районах.

Место общей экологии в учении о биосфере поясняется рисунком 1.3.



Рисунок 1.3 - Место общей экологии в учении о биосфере и ее состав

**Биоэкология** - дисциплина, изучающая отношение организмов (особей, популяций, биоценозов) между собой и окружающей средой.

**Геоэкология** - дисциплина, изучающая законы взаимодействия литосферы и биосферы, с учетом деятельности человека, в т.ч. роль геологических процессов в функционировании экосистем.

**Экология человека** - наука о взаимоотношении человека со средой обитания в различных аспектах (экономическом, техническом, физико-техническом, социально-психологическом) и призвана определить оптимальные условия существования.

**Прикладная экология** - изучение механизмов разрушения биосферы человеком, способов предотвращения этого процесса и разработка принципов рационального использования природных ресурсов без деградации среды жизни.

В состав геоэкологии входят разделы:

**Экология географических сред** - изучает крупные геосистемы, географические процессы с участием живых систем их среды.

**Экология геологических сред** - является синтезом целого ряда наук. Объединяет исследования состава, строения, свойств физических и геохимических полей геосфер Земли; изучает географические, геологические, почвенные факторы и их влияния на среду обитания человека и других организмов.

В состав биоэкологии входят разделы:

**Аутэкология** – раздел экологии изучающий взаимодействие отдельного организма с отдельными элементами окружающей среды (от греческого аутоc – сам).

**Демэкология** – раздел экологии изучающий взаимоотношения группы особей одного вида и окружающей средой (дем- группировка).

**Синэкология** - раздел экологии изучающий сосуществование групп организмов, находящихся в единстве.

**Экология биоценозов** (от греч. βίος — «жизнь» и κοινός — «общий») — раздел экологии изучающий исторически сложившиеся совокупности растений, животных, микроорганизмов, населяющих участок суши или водоёма (биотоп) и характеризующихся определёнными отношениями как между собой, так и с абиотическими факторами окружающей среды.

**Эволюционная экология** - раздел экологии, исследующий экологические аспекты эволюции. Раздел является синтезом различных дисциплин, прежде всего, генетики и дарвинизма, а также опирается на палеонтологию, систематику, молекулярную биологию и др.

В состав экологии человека входят разделы:

**Биоэкология человека** - раздел о взаимоотношении человека со средой обитания в биологическом аспекте.

**Социальная экология** - наука, изучающая условия и закономерности взаимодействия общества и природы. **Социальная экология** подразделяется на экономическую, демографическую, урбанистическую, футурологическую (определяющую перспективы развития системы "Общество - Природа") и правовую **экологии**.

**Медицинская экология** (экологическая медицина) — новое направление **медицинской** науки, рассматривающей взаимодействие между факторами риска внешней среды и здоровьем человека.

**Экология духа** (души) - раздел психологии, касающийся изучения особенностей восприятия окружающей природы конкретным человеком и обществом.

В состав прикладной экологии входят разделы:

**Инженерная экология** - раздел, представляющая собой систему научно обоснованных инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение качества окружающей среды в условиях растущего промышленного производства. Инженерная экология возникла на стыке технических, естественных и социальных наук. Одной из основных задач инженерной экологии является создание инженерных методов исследования и защиты окружающей природной среды. В этом аспекте особую значимость имеет комплексный подход к проблеме инженерно-экологического обеспечения производственных предприятий на основе единой методологии, с учетом последних достижений в различных отраслях знаний.

**Сельскохозяйственная экология** - раздел изучающий создаваемые человеком сельскохозяйственные экосистемы.

**Экология ПТГС - природно-технических геосистем.** Под ПТГС понимается: совокупность взаимодействующих природных и искусственных объектов, образующихся в результате строительства и эксплуатации инженерных и иных сооружений, комплексов и технических средств, взаимодействующих с природной средой.

**Экологический менеджмент** можно определить как процесс и результат деятельности предприятий, направленной на улучшение экологических целей производства, определяемых экологической политикой этих предприятий. На практике экологический менеджмент

зависит от заинтересованности руководства предприятия и его персонала в результатах деятельности предприятия. Представляет собой систематически совершенствуемую из года в год деятельность предприятия по предотвращению воздействия производственных факторов на окружающую среду.

Объем науки «экология» может быть хорошо охарактеризован рисунком 1.4. На рисунке возможные направления дисциплины выбираются различными сочетаниями приведенных объектов и факторов.

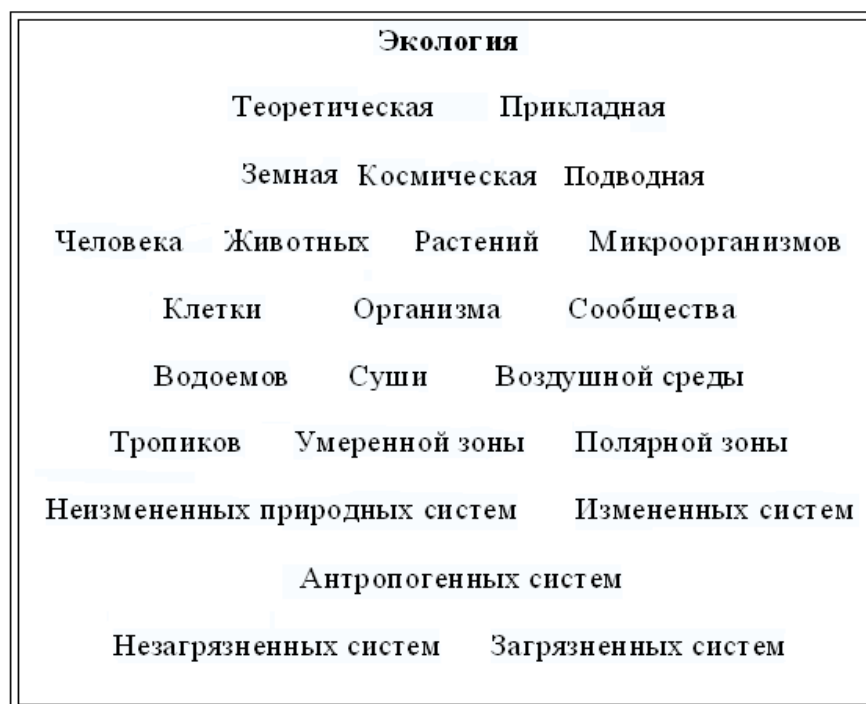


Рисунок 1.4 Объем науки «экология»

### Состояние окружающей среды

Состояние окружающей среды обычно характеризуют загрязнением воздуха, воды и почвы различными вредными веществами.

Основными источниками загрязнения **воздушной среды** являются (приведенная классификация является достаточно условной):

1. Тепловые электростанции.
2. Metallургические заводы.
3. Цементные заводы.
4. Заводы по производству продукции неорганической химии.
5. Заводы по производству целлюлозы.
6. Предприятия нефтехимии (нефтеперегонные заводы, заводы по очистке и переработке нефти).
7. Заводы органического синтеза.
8. Автотранспорт.
9. Атомные электростанции.
10. Предприятия атомной промышленности.
11. Предприятия ракетно-космической и авиационной техники.
12. Извержения вулканов.
13. Лесные пожары.

14. Космическая и земная пыль. (Вклад космической пыли в загрязнение весьма существен: ежегодно ее выпадает на Землю до 5 млн. т. Выветривание горных пород и почв, извержение вулканов - основные источники земной пыли естественного характера.)

Вещества, загрязняющие воздух, очень условно могут быть классифицированы на:

1. Основные загрязнители (окись углерода, диоксид серы, окислы азота, углеводороды, твердые частицы - сажа, зола, пыль).

2. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ).

3. Тяжелые металлы.

4. Пестициды (ДДТ, таксофен, малатион и др).

5. Абразивные частицы (кварц, асбест, цемент).

6. Загрязнители оказывающие многостороннее действие на человека (Амины, нитрозоамины, меркаптаны, полихлорированные бифенилы- ПХБ, альдегиды, кетоны, хлоруглеводороды).

7. Радиоактивные загрязнители (цезий-137, стронций-90, криптон-85).

Наибольшую опасность для экосистем Земли представляют радиоактивные и химические загрязнения антропогенной природы, среди которых постоянно растущий вклад формируют (по размеру вклада):

а) сжигание органических топлив в двигателях внутреннего сгорания;

б) продукты сжигания топлив на ТЭЦ;

в) аварии на АЭС.

Все приведенные вещества загрязнители, воздействуя на окружающую среду, приводят к ухудшению условий обитания и существования живых организмов.

Основными источниками загрязнения **природных вод** являются:

а) атмосферные осадки, вымывающие из атмосферы ее загрязнители;

б) городские сточные воды, в первую очередь - бытовые стоки, содержащие фекалии, детергенты (поверхностно-активные вещества), микроорганизмы;

в) промышленные сточные воды (реакционные воды, загрязненные исходными веществами и продуктами реакции; воды сырья; промывные воды; водные экстрагенты и абсорбенты и др.);

г) охлаждающие воды;

д) санитарно-бытовые воды предприятий питания, прачечных, лечебных заведений, бань и т.д.;

е) стоки осадков с территорий промышленных предприятий, смывающие различные вещества;

ж) утечки и выбросы нефтедобывающих, перерабатывающих и транспортирующих систем;

з) поливные и осадковые воды сельскохозяйственных и лесных угодий, где применяются удобрения и ядохимикаты.

Загрязнение рек, озер, морей и даже океанов достигает таких масштабов, что становится угрожающим, представляет даже большую опасность, чем загрязнение атмосферы. Причины тому следующие:

-более медленное протекание процессов самоочищения и регенерации, чем в воздухе;

-большее разнообразие источников загрязнения, опосредованно включающее все источники загрязнения атмосферы;

-значительно более высокая чувствительность объектов и процессов гидросферы к загрязнению;

-повышенная значимость протекающих в водной среде процессов (физико-химических, биологических) для жизнеобеспечения организмов.

**Загрязнение почв** чаще всего связано с загрязнениями атмосферы и вод. Помимо осадков, вымывающих из атмосферы металлы и их соединения, растворимые газы и пары,

радиоактивные вещества, взвешенные ядохимикаты и т.п., основными источниками загрязнения почвы являются:

- бытовой мусор, фекалии, пищевые отходы и т.п.;
- твердые и жидкие промышленные отходы, отвалы черных пород, горы шлаков объектов теплоэнергетики;
- прорывы нефтепроводов, течи авто. и железнодорожных цистерн;
- удобрения и ядохимикаты;
- выхлопные газы двигателей.

Развитие промышленности и сельского хозяйства с одной стороны и отсутствие современного оборудования для очистки бытовых и промышленных сточных вод, являются основной причиной стойкого ухудшения качества вод практически в каждом регионе Земли. Кроме того, выносимые реками в море песок, свинец, медь, цинк, кадмий и другие минералы, образующиеся при разработке природных месторождений, не только оказывают вредное воздействие на окружающую среду морского дна, но и оказывают влияние на жизнедеятельность морских экосистем.

К числу основных факторов деградации природной среды Российской Федерации относятся:

- преобладание ресурсодобывающих и ресурсоемких секторов в структуре промышленности, что приводит к быстрому истощению природных ресурсов и деградации природной среды;
- низкая эффективность механизмов природопользования и охраны окружающей среды, включая отсутствие рентных платежей за пользование природными ресурсами;
- резкое ослабление управленческих, и прежде всего контрольных, функций государства в области природопользования и охраны окружающей среды;
- высокая доля теневой экономики в использовании природных ресурсов;
- низкий технологический и организационный уровень экономики, высокая степень изношенности основных фондов;
- последствия экономического кризиса и невысокий уровень жизни населения;
- низкий уровень экологического сознания и экологической культуры населения страны.

Для оценки состояния загрязнения окружающей среды ежегодно Госкомстатом составляется доклад.

Структура Государственного доклада включает в себя семь основных частей, содержание которых определяется постановлением Правительства Российской Федерации от 24 января 1993 г. N 53 «О порядке разработки и распространения ежегодного государственного доклада о состоянии окружающей природной среды».

### **Часть I. Качество природной среды и состояние природных ресурсов**

1. Атмосферный воздух. Трансграничное загрязнение воздуха. Озоновый слой Земли
2. Поверхностные и подземные воды. Морские воды
3. Почвы и земельные ресурсы
4. Использование полезных ископаемых и охрана недр
5. Растительный мир, в том числе леса
6. Животный мир, в том числе рыбные ресурсы
7. Радиационная обстановка
8. Особые виды воздействия на окружающую среду
9. Климатические и другие особенности года. Стихийные бедствия

### **Часть II. Влияние экологических факторов среды обитания на здоровье населения**

### **Часть III. Влияние экологических факторов на сохранение культурного наследия**

### **Часть IV. Особо охраняемые природные территории**

### **Часть V. Воздействие отраслей экономики на окружающую среду**

1. Промышленность

2. Жилищно-коммунальное хозяйство
3. Сельское хозяйство
4. Транспорт
5. Вооруженные Силы Российской Федерации
6. Отходы производства и потребления
7. Промышленные и транспортные аварии и катастрофы

#### **Часть VI. Экологическая обстановка в регионах**

1. Общая характеристика загрязнения окружающей среды
2. Центральный федеральный округ
3. Северо-Западный федеральный округ
4. Южный федеральный округ
5. Приволжский федеральный округ
6. Уральский федеральный округ
7. Сибирский федеральный округ
8. Дальневосточный федеральный округ

#### **Часть VII. Государственное регулирование охраны окружающей среды и природопользования**

1. Государственная экологическая политика. Экологические программы и их реализация
2. Экологическая безопасность
3. Природоохрнительное законодательство Российской Федерации
4. Государственный экологический контроль и государственный контроль за использованием и охраной отдельных видов природных ресурсов
5. Обеспечение исполнения природоохрнительного законодательства органами прокуратуры
6. Государственная экологическая экспертиза
7. Экологический мониторинг
8. Экономическое регулирование и финансирование природоохранной деятельности
9. Международное сотрудничество
10. Наука и техника в решении проблем охраны окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности
11. Информационное обеспечение природоохранной деятельности
12. Экологическое образование, просвещение и воспитание
13. Общественное экологическое движение

#### **Глобальные экологические проблемы**

Сегодня экологическую ситуацию в мире можно охарактеризовать как близкую к критической. Среди глобальных экологических проблем можно отметить следующие:

- уничтожены и продолжают уничтожаться тысячи видов растений и животных, что приводит к сокращению биологического разнообразия;
- в значительной мере истреблен лесной покров;
- стремительно сокращается имеющийся запас полезных ископаемых;
- мировой океан не только истощается в результате сброса в него загрязняющих веществ и уничтожения живых организмов, но и перестает быть регулятором природных процессов;
- атмосфера во многих местах загрязнена до предельно допустимых размеров, а чистый воздух становится дефицитом;
- частично нарушен озоновый слой, защищающий от губительного для всего живого космического излучения;
- загрязнение поверхности и обезображивание природных ландшафтов: на Земле невозможно обнаружить ни одного квадратного метра поверхности, где бы не находилось искусственно созданных человеком элементов;



- сокращаются и качественно исчерпываются мировые запасы пресной воды.

ЗАОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

## 2 СУТЬ ЖИЗНИ, ЕЕ ФОРМЫ

Жизнь как явление реализована во Вселенной. **ВСЕЛЕННАЯ** - это абсолютная форма для всего существующего. Все, что существует, находится в пределах нашей Вселенной. За ее пределами ничего не существует. Других Вселенных нет, и не может быть. Около 15 миллиардов лет назад, где-то существовала точка пространства, где были сосредоточены всё вещество и энергия Вселенной. Эта точка была невероятно горячей и фантастически плотной. А потом «всё это» начало расширяться с громадной скоростью. Это явление назвали «Большим взрывом», однако данное предположение не имеет доказательств.

Наша планета Земля располагается в галактике под названием Млечный путь. Солнечная система располагается на окраине галактики. Восстановление нашей галактики оказалось возможным только в результате компьютерного моделирования (Рисунок 2.1):



Рисунок 2.1 - Галактика Млечный путь

Ближайшей нашей соседкой является галактика спирального вида **Туманность Андромеды** (Рисунок 2.2):



Рисунок 2.2 - Галактика Туманность Андромеды

Она видна невооруженным глазом (как туманное пятнышко) в созвездии Андромеды. Во Вселенной насчитывается сотни миллиардов галактик. Только в 18 Веке был составлен первый перечень галактик, который включал в себя две сотни (!). Невооруженным глазом видны две галактики: туманность Андромеды и Магеллановы облака (Рисунок 2.3):



Рисунок 2.3 - Галактика Магеллановы облака

Магеллановы Облака - Большое (на фото) и Малое - две близкие к нам галактики. Магеллановы Облака видны на небе в Южном полушарии невооруженным глазом. Галактики рождаются, умирают, сталкиваются друг с другом (Рисунок 2.4.):



Рисунок 2.4 - Столкновение галактик

Основные сведения о галактиках собраны в нескольких каталогах. Первый галактический каталог был создан в 1784 г. Ш. Мессье и П. Мешеном. В него вошли 108 туманностей, которые авторы назвали неподвижными, чтобы не путать с движущимися кометами. Объекты, вошедшие в каталог Мессье, обозначают буквой М с порядковым номером. Так, например, М31 обозначение туманности Андромеды. В настоящее время широко используется «Новый общий каталог» Дрейера (его первая часть была опубликована в 1888 г.), в него вошли около 13000 объектов. Галактика М31 в каталоге Дрейера обозначается NGC 224. В конце 60 гг. нашего столетия были созданы «Морфологический каталог галактик» (группа Б. А. Воронцова-Вельяминова) и «Второй библиографический каталог ярких галактик» (группа Ж.Вокулера). Эти каталоги содержат десятки тысяч объектов. Таким образом, существование жизни и разумной жизни в космосе потенциально возможно.

**Жизнь** — способ бытия живых организмов, наделенных внутренней активностью, процесс развития тел органического строения с устойчивым преобладанием процессов синтеза над процессами распада, особое состояние материи, достигаемое за счёт следующих свойств:

- размножение
- развитие
- гомеостаз

- саморегуляция

**Жизнь** — это способ существования белковых тел и нуклеиновых кислот, существенным моментом которой является постоянный обмен веществ с окружающей средой, причем с прекращением этого обмена прекращается и жизнь. **Жизнь** - это период существования организма от момента появления до его смерти.

**Организм** - это материальная структура чаще всего "однонаправленная труба" имеющая вход – выход (в настоящее время сохранились и успешно существуют формы жизни, имеющие только один вход), способная:

- Поддерживать внутренне и внешнее равновесие благодаря обмену веществ (с помощью своих систем-регуляторов);
- Размножаться путем деления копированием (репликацией).

В биологическом смысле живое может возникнуть только из живого - это доказал еще в 19 веке на основе опытов французский микробиолог Пастер. Все многообразие форм жизни на земле произошло от одной материнской формы жизни (от первичной биологической структуры на основе ДНК, которая была способна размножаться путем деления способом матричного копирования, репликацией).

Возникновение жизни на земле возможно при заносе ее из космоса и возникновение ее на Земле при определенных условиях. Считается что возникновение живой структуры - ДНК имело следующие этапы :

- образование океана – «рай» по сравнению с условиями, господствовавшими на суше;
- возникновение в океане органической составляющей, укрупняющейся по представлениям теории академика А.И. Опарина, которое проходило по направлению приведенному на рисунке 2.5 :



Рисунок 2.5 - Возможный путь образования живой клетки

По теории академика Опарина однажды в течение очень длинного периода времени существования Земли под действием абиотических факторов произошло случайное «сварение» в органическом бульоне молекулы ДНК. Этому предположению имеются косвенные подтверждения. Широко известен опыт Миллера (1955 г) (Рисунок 2.6), подтверждающий принципиальную возможность возникновения органической жизни на Земле из

неорганических компонентов при наличии электрических разрядов, воды, неорганических составляющих.

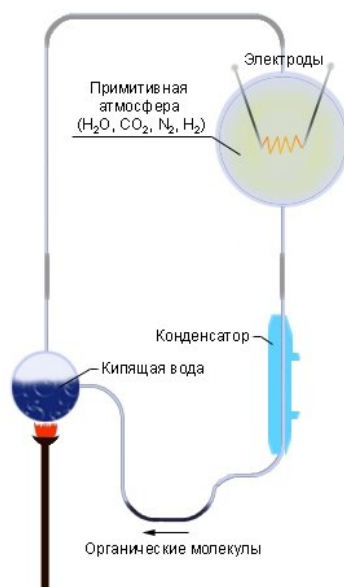


Рисунок 2.6 - Опыт Миллера

По приведенной схеме были получены: мочевина, органические кислоты, аминокислоты.

К настоящему времени доказательств возникновения ДНК на Земле не существует и описание теорий возникновения жизни и ее этапов занятие крайне неблагоприятное. Однако принятие в основу мировоззрения божественной теории возникновения жизни в свете современных сведений о строении Вселенной, Земли, процессов биохимического функционирования организмов может произойти только у человека, нежелающего видеть материальную основу мира.

Формы жизни известные в настоящее время:

- вирусы (бактериофаги) (Рисунок 2.7);



Рисунок 2.7 - Бактерия с прикрепившимися к ней бактериофагами

- одноклеточные и многоклеточные организмы: прокариотические (простые) и эукариотические (сложные);
- особые формы микробов, обнаруженные в воде на глубине более 5 км под землей, которые обитали в среде, которая никоим образом не была связана с поверхностными водами;
- особо теплолюбивые организмы ("термофилы"), которые могут процветать в среде с температурой до +1200°C.
- нанобактерии, занимающие промежуточное положение между бактериями и вирусами.



Земля сформировалась как планета—около 4 млрд. лет назад. **Архейская эра** ведет свое начало со времени, образования на Земле первичной коры. Ее продолжительность составляет приблизительно 1 млрд. лет. Первичная кора, образовавшаяся в результате охлаждения Земли, непрерывно разрушалась паром и газом, которые выделяло раскаленное вещество. Извергаемая миллионами вулканов лава застывала на поверхности, образуя первичные горы и плоскогорья, материки и океанические впадины. Мощная, плотная атмосфера также охлаждалась, в результате чего выпадали обильные кислотные дожди. На горячей земной поверхности они мгновенно превращались в пар. Сплошные облака обволакивали Землю, препятствуя прохождению солнечных лучей, согревающих ее поверхность. Твердая кора охладилась, океанические впадины заполнились водой.

**Протерозойская эра.** В отложениях **протерозоя** уже были найдены следы ползания червей, отпечатки кишечнополостных, иглы губок, раковины простейших—сущест в довольно сложных в биологическом отношении. Эволюционный процесс проходит от простых к сложным организмам. Следовательно, возникновение протерозойских сущест в было невозможно без длительного эволюционного процесса, который ведет свое начало от комочков цитоплазмы, появившихся в архейских морях. В протерозойских отложениях был найден углеобразный материал шунгит. Это свидетельствует о появлении в протерозойской эре растений, из остатков которых образовался уголь. Отложения мрамора позволяют сделать вывод о том, что в протерозое жили животные с известковыми раковинами. С течением времени образовавшиеся из отложений этих раковин известняки превратились в мрамор. Первыми из известных в настоящее время групп сущест в протерозойских морях были, по видимому, жгутиковые, находящиеся на грани между растительным и животным миром. От них произошли водоросли, грибы и все группы животного мира. В протерозойскую эру от колониальных одноклеточных организмов, клетки которых стали выполнять различные функции, произошли первые многоклеточные организмы. Ими были губки, археоциаты (похожие на губок животные). Жизнь в то время была тесно связана с морем. На суше никаких организмов не было, кроме, возможно, бактерий, которые могли приспособляться к самым разнообразным условиям. Но что представляли собой архейские или протерозойские бактерии, можно только предполагать.

**Палеозойская эра** началась 600 млн. лет тому назад. Различают шесть ее периодов: кембрийский, ордовикский, силурийский, девонский, каменноугольный, пермский. На протяжении палеозойской эры органический мир завоевал сушу. Среди животных появились первые позвоночные, среди растений — споровые и хвойные.

**Мезозойская эра** — это эра средней жизни. Она названа так потому, что флора и фауна данной эры являются переходными между палеозойской и кайнозойской. В мезозойскую эру постепенно формируются современные очертания материков и океанов, современная морская фауна и флора. Образовались Анды и Кордильеры, горные массивы Китая и Восточной Азии. Сформировались впадины Атлантического и Индийского океанов. Началось формирование впадин Тихого океана. Подразделяется мезозойская эра на три периода: триасовый, юрский и меловой

**Кайнозойская эра** — эра новой жизни — началась около 67 млн. лет назад и продолжается в наше время. В эту эру сформировались современный рельеф, климат, атмосфера, животный и растительный мир, человек.

Основные этапы возникновения усложненной жизни после возникновения молекулы ДНК:

- появление бескислородных бактерий **трематолитов** – основы будущей жизни и начало выработки ими кислорода в процессе жизнедеятельности;
- слияние клеток и образование сложных клеточных организмов преимущественно в виде простейших организмов – гидр, медуз;

- появление плоской формы жизни в виде плоского червя (имеет одно отверстие для ввода пищи и удаления продуктов ее переваривания):

Золотопятнистый плоский червь – сохранился до настоящего времени не смотря на свою примитивность (Рисунок 2.8)



Рисунок 2.8 - Плоский золотопятнистый червь

- появление простейшей нервной системы, простейшего головного мозга;  
- появление трубчатой формы жизни – с этого момента жизненные формы могли быть непрерывно (Рисунок 2.9);

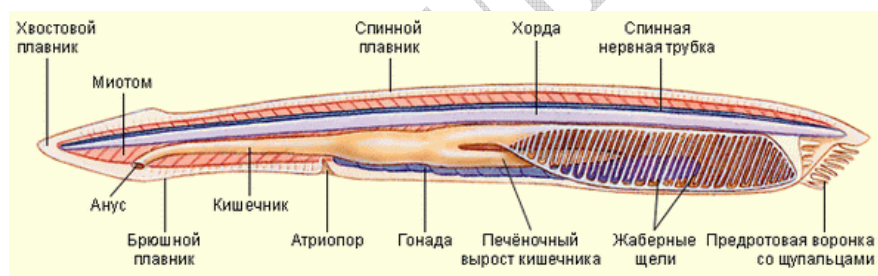


Рисунок 2.9 - Ланцетник (ископаемый червь)

- появление выгрышной формы существования – панциря – защита от ударов волн о камни. Панцирь появился как результат отложения солей при питании и привел к образованию 0,5 млн. форм различных улиток и трилобитов (Рисунок 2.10; 2.11).



Рисунок 2.10 – Трилобит



Рисунок 2.11 - Вид морского дна 3 млрд. лет назад

- появление моллюсков - **аммонитов**, которые заполняли раковины в процессе жизнедеятельности газом и плавали;
- появление **глаза** – хищники и жертвы стали видеть друг друга;
- появление **ротовой полости с челюстями** – образование класса хищников. Челюсти, а позднее зубы выросли из жабр и позволили хватать добычу даже покрытую слоем слизи;
- появление успешных видов **хищных рыб, в том числе панцирных рыб** (Рисунок 2.12);



Рисунок 2.12 - Доисторическая панцирная рыба



- появление **простейших ракообразных**, имеющих клешни для охоты (Рисунок 2.13);



Рисунок 2.13 - Простейшие ракообразные

- Появление **простейших позвоночных – асцидий** (Рисунок 2.14);



Рисунок 2.14 – Асцидии

- Появление **цефалоподов** ( доисторические кальмары, осьминоги) (Рисунок 2.15);

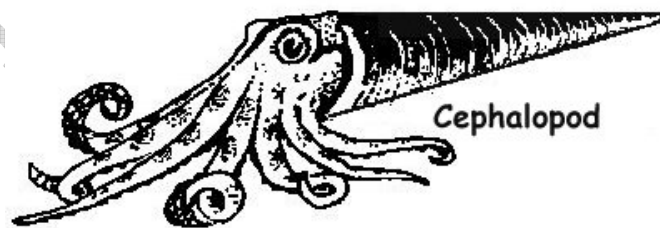


Рисунок 2.15 - Ископаемый цефалопод



Рисунок 2.15а - Цепалопод в раковине

- усложнение живых форм с возникновением большого разнообразия хищников и жертв;
- появление **позвоночных рыб, имеющих две пары плавников** – прототип последующих рук и ног человека и конечностей млекопитающих;
- **трансформации плавников** для защиты от нападений от хищников (Рисунок 2.16);



Рисунок 2.16 - Летучая рыба

- **преобразование плавников в подобие ног** для ведения донного, прибрежного образа жизни и создание предпосылок для выхода на сушу. Долгое время считалось, что кистеперые рыбы являются ископаемыми, однако в последние десятилетия были найдены популяции кистеперых рыб, сохранившиеся до нашего времени (Рисунок 2.17).

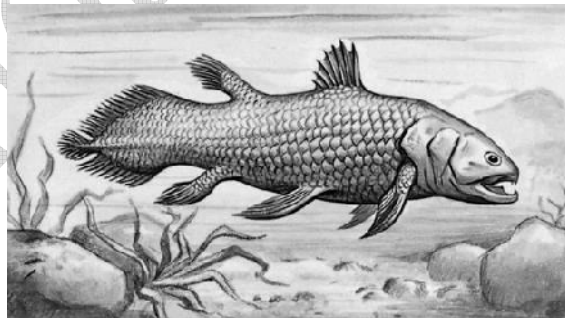


Рисунок 2.17 - Кистеперая рыба – **целагант**, имеющая плавники приспособленные к выходу на сушу



Рисунок 2.17а - Живой **целакант**

В процессе донного образа жизни плавники утратили предназначение для быстрого плавания. Ряд рыб использовал плавники как ноги, чтобы подкрадываться к добыче (Рисунок 2.18,19).



Рисунок 2.18 - Рыба жаба, превратившая плавники в ноги



Рисунок 2.19 Илистые прыгуны, имеющие бифункциональность плавников – ног

- появление **артроподов** – крабообразных (Рисунок 2.20), которые поначалу мигрировали в прибрежную зону богатую пище и бедную хищниками для откладывания яиц, а в последствии стали постепенно завоевывать сушу и дали жизнь царству насекомых.



Рисунок 2.20 - Артропод - панцирное крабообразное - первый завоеватель суши  
 Именно артроподы явились основой будущей жизни на суше.

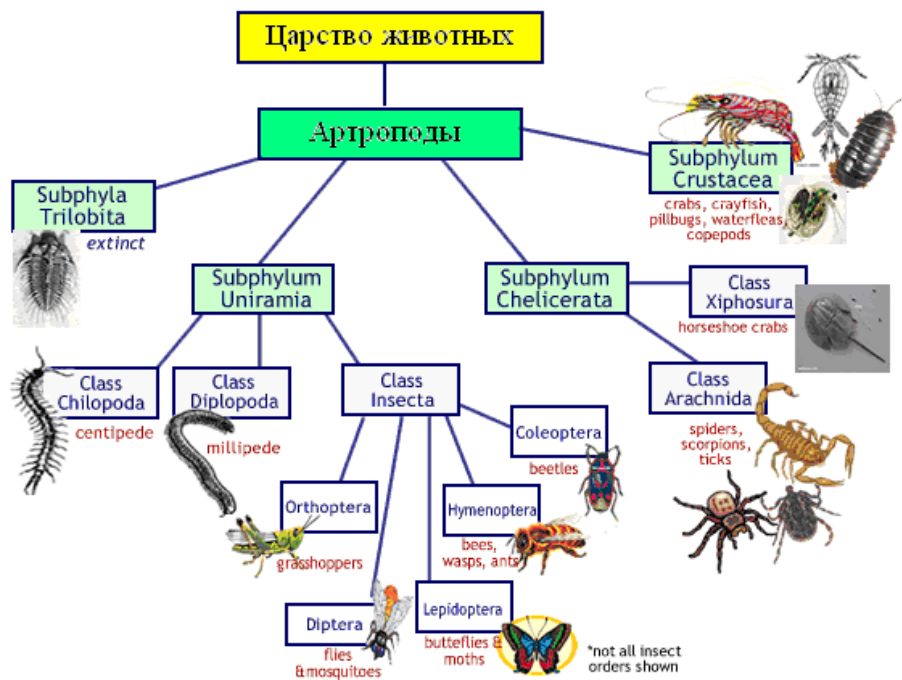


Рисунок 2.20а - Классы насекомых, произошедшие от артроподов

**Наш мир захвачен панцирными артроподами, которые являются подлинными хозяевами земли, и которые останутся на земле даже после гибели человечества. На настоящий момент их количество оценивается в 4-5 млн видов.**



Рисунок 2.21 - Александр Иванович Опарин

В 1917 году окончил естественное отделение Физико-математического факультета МГУ. В 1925 году он начал читать в МГУ курс лекций. С начала 1935 года начинает свою работу в Институте биохимии АН СССР, основанный Опариним совместно с А. Н. Бахом. С самого основания Института Опарин руководил Лабораторией энзимологии, которая в будущем преобразовалась в Лабораторию эволюционной биохимии и субклеточных структур. До 1946 он является заместителем директора, после смерти А. Н. Баха — директором этого института. 3 мая 1924 года на собрании Русского ботанического общества выступил с докладом «О возникновении жизни», в котором предложил теорию возникновения жизни из бульона органических веществ. В середине XX века были экспериментально получены сложные органические вещества при пропускании электрических зарядов через смесь газов и паров, которая гипотетически совпадает с составом атмосферы древней Земли. В качестве протоклеток Опарин рассматривал коацерваты — органические структуры, окружённые жировыми мембранами. В 1942—1960 А. И. Опарин заведовал Кафедрой биохимии растений МГУ, где читал курсы лекций по общей биохимии, технической биохимии, спецкурсы по энзимологии и по проблеме происхождения жизни. После смерти в 1951 С. И. Вавилова А. И. Опарин стал 2-м председателем правления Всесоюзного просветительского общества «Знание». Оставался на этом посту по 1956, когда председателем «Знания» был избран М. Б. Митин. В 1970 году было организовано Международное научное общество по изучению возникновения жизни (International Society for the Study of the Origin of Life), первым президентом, а затем почётным президентом которого был избран Опарин. Исполком ISSOL в 1977 г. учредил Золотую медаль имени А. И. Опарина, присуждаемую за важнейшие экспериментальные исследования в этой области. Умер 21 апреля 1980 года. Похоронен на Новодевичьем кладбище в Москве.



### 3 ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЖИЗНИ

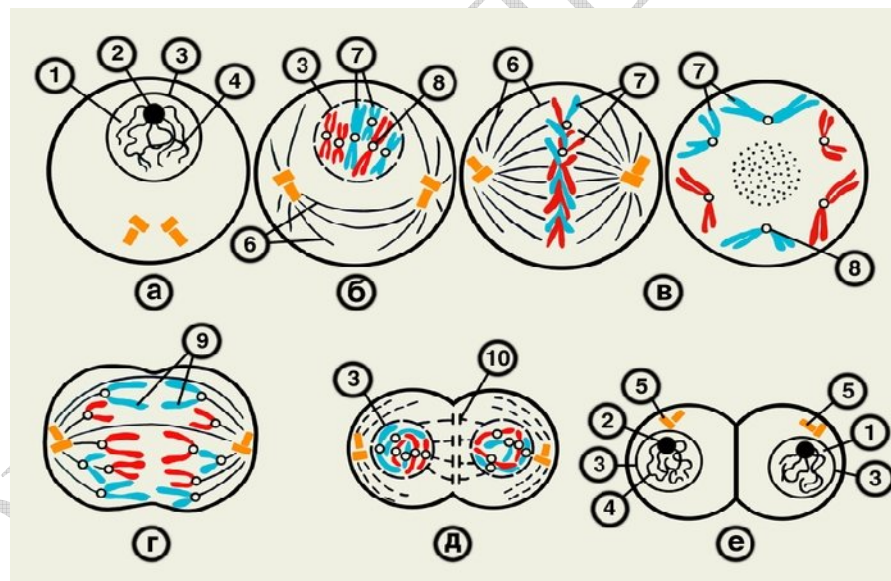
Жизнь как явление характеризуется метаболизмом, размножением, наследственностью, изменчивостью, ростом, развитием, смертью.

**Метаболизм** (от греч. *μεταβολή*, «превращение, изменение») или **обмен веществ** — полный процесс превращения химических веществ в организме, обеспечивающих его рост, развитие, деятельность и жизнь в целом. В живом организме постоянно расходуется энергия, причём не только во время физической и умственной работы, а даже при полном покое (сне). Обмен веществ представляет собой комплекс биохимических и энергетических процессов, обеспечивающих использование пищевых веществ для нужд организма и удовлетворения его потребностей в пластических и энергетических веществах.

**Размножение** - это увеличение количества особей вида посредством воспроизведения. Способность к размножению, или самовоспроизведению, является одним из обязательных и важнейших свойств живых организмов. Размножение поддерживает длительное существование вида, обеспечивает преемственность между родителями и их потомством в ряду многих поколений. Размножение бывает бесполое и половое.

#### Формы бесполого размножения:

1. **Бинарное деление** - митотическое деление, при котором образуются две равноценные дочерние клетки (Рисунок 3.1);



а — начало профазы; б — конец профазы; в — метафаза; г — анафаза; д — телофаза;

е — завершение митоза. 1 — ядро; 2 — ядрышко; 3 — ядерная оболочка;

4 — неспирализованные хромосомы; 5 — пара центриолой; 6 — нити веретена деления;

7 — родительские хромосомы разных типов; 8 — центромеры хромосом; 9 — дочерние хромосомы; 10 — поперечная мембранная перегородка между дочерними клетками.

Рисунок 3.1- Фазы митотического деления

2. **Множественное деление, или шизогония.** Материнская клетка распадается на большое количество более или менее одинаковых дочерних клеток (малярийный плазмодий) (Рисунок 3.2);

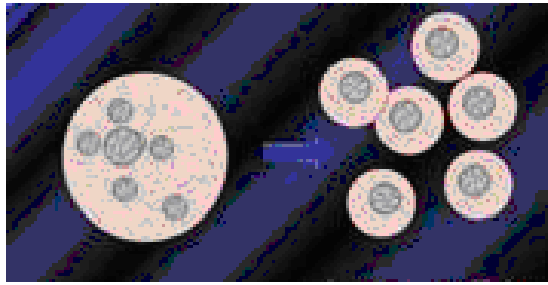


Рисунок 3.2 -Шизогония

3. **Споруляция.** Размножение посредством спор - специализированных клеток грибов и растений (Рисунок 3.3). Если споры имеют жгутик и подвижны, то их называют зооспорами (хламидомонада). Если споры образуются с помощью митоза, то они имеют одинаковый генетический материал, если же они образуются с помощью мейоза, то они имеют генетический материал только одного организма, но генетически такие споры неравноценны;



Рисунок 3.3 - Растения размножающиеся посредством спор

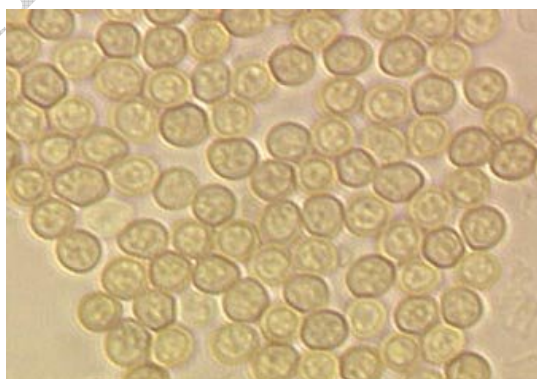


Рисунок 3.3а - Споры грибов

4. **Почкование.** На материнской особи происходит образование выроста - почки, из которого развивается новая особь (дрожжи, гидра) (Рисунок 3.4);



Рисунок 3.4 Почкообразование у гидры

5. **Фрагментация** - разделение особи на две или несколько частей, каждая из которых развивается в новую особь (Рисунок 3.5). У растений (спирогира), и у животных (кольчатые черви). В основе фрагментации лежит свойство регенерации;



Рисунок 3.5 - Водоросль спирогира произрастающая повсеместно в случае разрыва в любом месте достраивается до нужных размеров и формы. Разорванные иглокожие (морские звезды) легко достраиваются до исходных размеров

6. **Вегетативное размножение.** Характерно для многих групп растений. При вегетативном размножении новая особь развивается либо из части материнской, либо из особых структур (луковица, клубень и т.д.), специально предназначенных для вегетативного размножения (Рисунок 3.6);





Рисунок 3.6 - Размножение клубники

**7. Клонирование.** Искусственный способ бесполого размножения.. Клон - генетически идентичное потомство, полученное от одной особи в результате того или иного способа бесполого размножения. Реализован в практике, путем введения в клетку искусственного ядра. Техника введения показана на рисунке 3.7

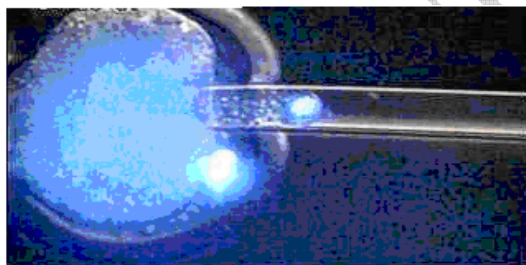


Рисунок 3.7 - Техника введения ядра в клетку

В естественных условиях клоны появляются редко. Общеизвестный пример естественного клонирования, существующего в природе и имеющего место у человека - однояйцевые близнецы, развившиеся из одной яйцеклетки (Это обязательно дети одного пола). До шестидесятых годов двадцатого века клоны получали искусственным путем исключительно при вегетативном размножении растительных организмов, чаще всего для сохранения сортовых признаков и при получении культур микроорганизмов, используемых в медицине. В начале шестидесятых годов были разработаны методы, позволяющие успешно клонировать некоторые высшие растения и животных путем выращивания из отдельных клеток. Эти методы возникли в результате попыток доказать, что ядра зрелых клеток, закончивших свое развитие, содержат всю информацию, необходимую для кодирования всех признаков организма, и что специализация клеток обусловлена включением и выключением определенных генов, а не утратой некоторых из них. Первый успех был достигнут профессором Стюардом из Корнельского университета, который показал, что, выращивая отдельные клетки корня моркови (ее съедобной части) в среде, содержащей нужные питательные вещества и гормоны, можно индуцировать процессы клеточного деления, приводящие к образованию новых растений моркови. Вскоре после этого Гёрдон, работавший в Оксфордском университете, впервые сумел добиться клонирования позвоночного животного. Позвоночные в естественных условиях клонов не образуют; однако, пересаживая ядро, взятое из клетки кишечника лягушки, в яйцеклетку, собственное ядро которой предварительно было разрушено путем облучения ультрафиолетом, Гёрдону удалось вырастить головастика, а затем и лягушку, идентичную той особи, от которой было взято ядро.

С семидесятых годов ученые предпринимали попытки клонирования млекопитающих. Крохотная овечка Долли - символ очередного этапа успешного развития биотехнологии. Такого рода эксперименты не только доказывают, что дифференцированные (специализированные) клетки содержат всю информацию, необходимую для развития целого организма, но и позволяют рассчитывать, что подобные методы можно будет использовать для клонирования позвоночных, стоящих на более высоких ступенях развития, в том числе и человека. Техника клонирования сулит, в первую очередь, большие перспективы для животноводства, так как дает возможность получать от любого животного, обладающего ценными качествами, многочисленные генетически идентичные копии с теми же признаками. Клонирование нужных животных, например племенных быков, скаковых лошадей и т.п., может оказаться столь же выгодным, как и клонирование растений, которое, как было сказано, уже производится. Также одна из возможных областей применения данной технологии клонирование редких и исчезающих видов диких животных. Фактически появились реальные технические возможности для клонирования человека.

**Наследственность.** Уже более ста лет назад стало известно, что каждый новый организм возникает в результате соединения мужской и женской половых клеток - яйцеклетки и сперматозоида.

Работы немецкого биолога **Ф. Шнейдера** наводили на мысль, что из элементов ядра клетки наиболее вероятными непосредственными носителями наследственности являются «**цветные тельца**» - **хромосомы**. Свое название они получили после того как для их наблюдения под микроскопом их окрашивали красителями для лучшего рассмотрения.

Голландец **Э. ван Бенедан** заметил, что в половых клетках хромосом в два раза меньше (Рисунок 3.8), и только после слияния разнополой клеток образуется нормальный хромосомный набор.

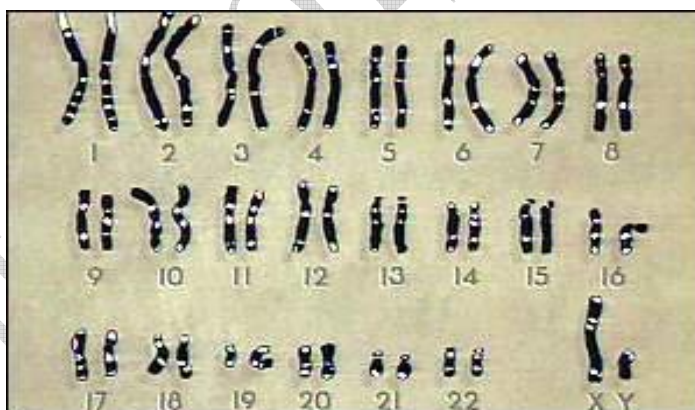


Рисунок 3.8 - Хромосомы человека в черно-белом варианте

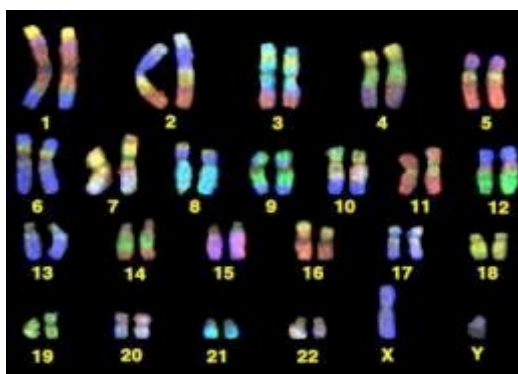


Рисунок 3.8а - Хромосомы человека в цветном варианте

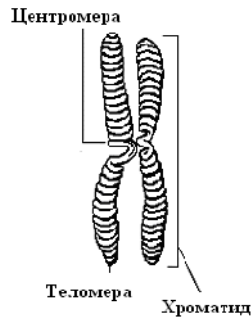


Рисунок 3.8б - Строение хромосомы

Хромосомная теория наследственности (морганизм) трансформировалась в молекулярную генетику, в учение о гене, как участке ДНК.

На рисунке показан процесс "упаковки" ДНК в сложно-скрученные структуры. Причины "укладки" очевидны - ДНК слишком длинная молекула (длина цепи ДНК одной хромосомы - около 10 сантиметров), поэтому её надо упаковать. А чтобы она не слипалась между собой, с ней связываются определённые белки. Комплекс белков с ДНК называется хроматином. Для удобства всегда ставят знак тождества между ДНК и хроматином, поскольку "голой" ДНК в природе не встречается. ДНК содержит гены и некодируемые участки. В процессе расхождения удвоившихся хромосом в центромерах происходит разборка полимера приводящая к расхождению хромосом с образованием 2 дочерних клеток. Репликация ДНК происходит под действием ферментов и приводит к образованию второй точной копии молекулы ДНК в удвоенной хромосоме (Рисунок 3.9).

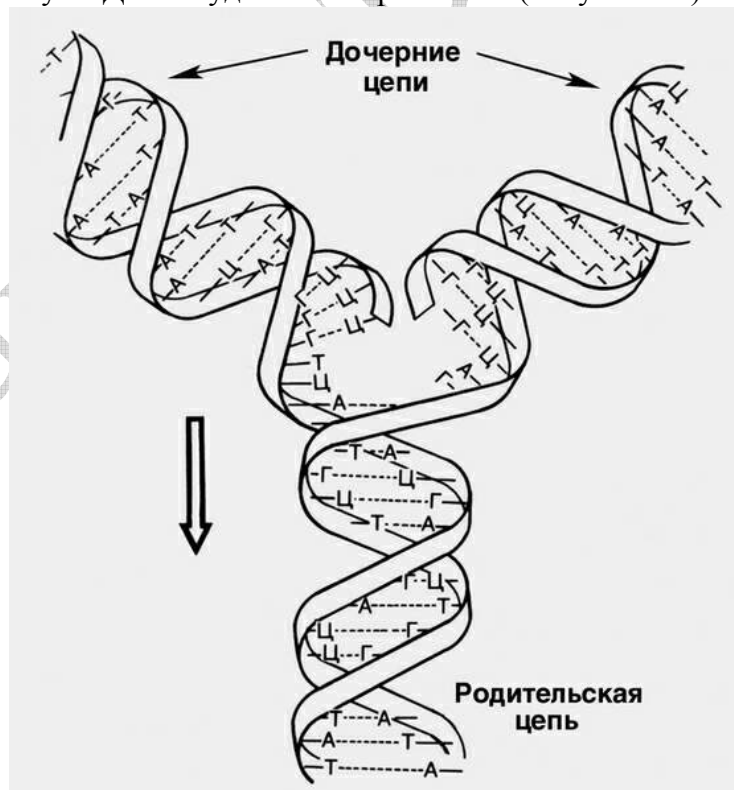


Рисунок 3.9 - Схема репликации молекулы ДНК: дочерняя цепь (реплика) строится на каждой из родительских полинуклеотидных цепей, как на матрице. Стрелкой указано направление движения так называемой вилки

репликации, пунктиром обозначены водородные связи между азотистыми основаниями.

А — аденин, Т — тимин, Г — гуанин, Ц — цитозин

Хромосомная теория наследственности объясняет не только процесс эволюции и передачу признаков родителей детям, но и показывает генетическую связь всего живого, в том числе родственную связь людей и обезьян. В процессе изучения хромосомной теории наследственности были выявлены хромосомно-наследственные заболевания, вызываемые нерасхождением хромосом в процессе митоза клетки. Такие хромосомные образования называются **трисомией** и по определению **излечение данных заболеваний невозможно**.

**Синдром Патау (трисомия по хромосоме 13)**. Впервые описано в 1960 году. Популяционная частота 1 на 7800.

Для синдрома Патау характерны следующие диагностические признаки: расщелина верхней губы и неба, низко посаженные деформированные ушные раковины, флексорное положение пальцев рук, выпуклые ногти, поперечная ладонная складка, стопа-качалка. Из пороков внутренних органов отмечены врожденные пороки сердца (дефекты перегородок и крупных сосудов), незавершенный поворот кишечника и др. Глубокая идиотия. Дети, в основном, умирают в возрасте до 1 года, чаще в первые 2-3 месяца жизни.

**Синдром Эдвардса (трисомия по хромосоме 18)** (Рисунок 3.10). Описан в 1960 году. Популяционная частота составляет 1 на 6500. Дети с синдромом Эдвардса имеют малую массу тела при рождении. Основными диагностическими признаками синдрома являются: низко посаженные аномальной формы уши, скошенный подбородок. Имеются аномалии развития конечностей: верхних - сгибательные деформации пальцев, перекрытие пальцев, сжатые пальцы рук, широкий палец стопы, типичная форма стопы в виде качалки. Из внутренних пороков следует отметить комбинированные пороки сердечно-сосудистой системы, незавершенный поворот кишечника пороки развития почек чаще гидронефроз и подковообразная почка), крипторхизм. Дети погибают, в основном, в возрасте до 1 года от осложнений, вызванных врожденными пороками развития.



Рисунок 3.10 - Синдром Эдвардса

**Синдром Дауна (трисомия хромосомы 21)** (Рисунок 3.11). Впервые описан в 1866 году английским врачом Дауном. Наиболее часто встречающийся хромосомный синдром - популяционная частота составляет 1 случай на 600-700 новорожденных детей. Частота рождения детей с данным синдромом зависит от возраста матери и резко увеличивается после 35 лет. Цитогенетические варианты очень разнообразны, но около 95% случаев представлены простой трисомией 21 хромосомы. Несмотря на интенсивное изучение синдрома причины нерасхождения хромосом до настоящего времени не ясны.

Основными диагностическими признаками синдрома являются: типичное плоское лицо, монголоидный разрез глаз, открытый рот, аномалии зубов, короткий нос и плоская переносица, избыток кожи на шее, короткие конечности, поперечная четырех-пальцевая

ладонная складка (обезьянья борозда). Из пороков внутренних органов часто отмечаются врожденные пороки сердца и желудочно-кишечного тракта, которые и определяют продолжительность жизни больных. Умственная отсталость обычно средней степени тяжести. Дети с синдромом Дауна часто ласковые и привязчивые, послушные и внимательные.

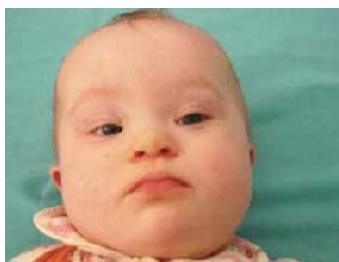


Рисунок 3.11- Синдром Дауна

Исследования строения хромосом позволили выявить отдельные участки - гены, отвечающие за наследование некоторых признаков и наличия некоторых заболеваний. Для человеческой хромосомы X это (Рисунок 3.12):

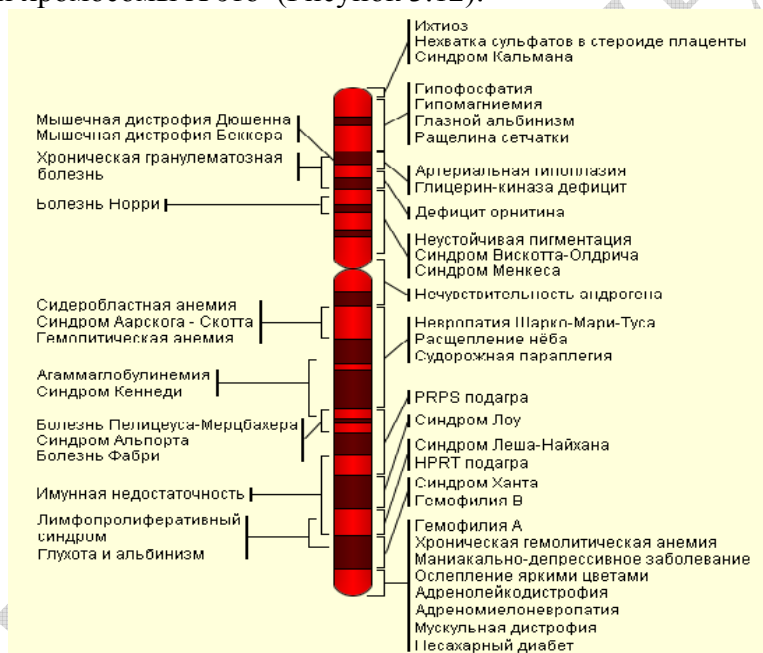


Рисунок 3.12 Хромосома X и гены отвечающие за те или иные заболевания



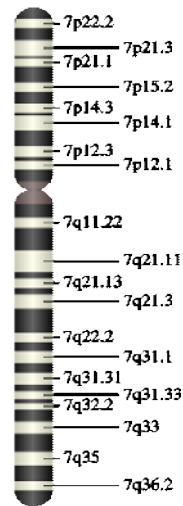


Рисунок 3.12а - Хромосома 7

Хромосома 7 (Рисунок 3.12а) - одна из хромосом человека, обычно содержащаяся в ядре клетки в двух экземплярах. Она содержит более 158 миллионов пар оснований, что составляет от 5% до 5.5% всего материала ДНК в клетке тела человека. По разным оценкам, хромосома 7 содержит от 1000 до 1400 генов. Эти данные носят только ориентировочный характер. Точные оценки будут сделаны по мере более глубокого их изучения.

В 2000 - ом году ученым удалось полностью расшифровать последовательность нуклеотидов, составляющих более чем 80 тысяч генов человека. При его расшифровке, помимо собственно нуклеотидной последовательности, получены данные о цитогенетических и физических картах хромосом, их нуклеотидных последовательностях, локализации генов, устойчивых полиморфизмах, то есть мутациях, присутствующих в локальных популяциях человека с частотами не менее 3-5%. К настоящему времени выявлено не менее 1.5 миллиона мутационных полиморфизмов, по которым геномы людей отличаются друг от друга. К настоящему времени расшифрованы аминокислотные последовательности миллионов белков и с использованием методов рентгеноструктурного анализа и ядерного магнитного резонанса определены пространственные структуры более 15 тысяч белков. В ближайшие годы это достижение позволит справиться с десятками болезней, против которых современная медицина бессильна. Будет найдено средство от рака, заболеваний сердечно-сосудистой системы, многих наследственных нарушений и пороков развития, будет замедлено старение организма. Расшифровка генома - плод совместных усилий международного проекта "Геном человека", финансируемого как британским фондом Wellcome Trust, так и американскими Национальными институтами здравоохранения, и частной компании Celera Genomics. Перед учеными встанет задача обобщения данных, установление взаимосвязей между различными генами, изучение механизмов развития болезней на геномном уровне. Вскоре каждый человек сможет получить личную копию своего генетического кода для медицинских целей или просто из любопытства. Британская компания Solexa заявила о завершении разработки нового метода расшифровки генов, который позволит прочесть геном человека за один день. Кроме того, американский ученый Крейг Вентер, который принимал участие в расшифровке первого образца человеческого генома, сообщил, что уже получил заказы от частных лиц, желающих иметь на руках собственную геномную карту. Человеческий геном представляет собой "строку" из трех миллиардов фрагментов ДНК. Такая информация позволит человеку узнать, например, о существовании генов, которые указывают на повышенный риск таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера. Компания Solexa сообщила о создании более быстрого и дешевого метода

расшифровки цепочек ДНК. Впервые он был использован для анализа единичных нуклеотидных полиморфизмов (SNP) - фрагментов кода ДНК, отличающиеся у разных людей. Эти незначительные различия могут объяснить, почему некоторые люди предрасположены к таким болезням, как рак или диабет, а другие - нет. Цель компании Solexa - разработать технологию, при которой полный геном человека может быть получен за 24 часа при стоимости процесса не более 1 тыс. долларов. Такая услуга может стать частью анализа крови, проводимого в обычной поликлинике. По словам представителей компании, при правильном использовании генетическая информация способна оказать помощь в улучшении здоровья отдельного человека, но в тоже время необходимо обеспечить конфиденциальность таких данных.

**Изменчивость** - это возникновение индивидуальных различий. На основе изменчивости организмов появляется генетическое разнообразие форм, которые в результате действия естественного отбора преобразуются в новые подвиды и виды. Различают изменчивость ненаследственную - модификационную или фенотипическую, и наследственную мутационную или генотипическую, а также комбинативную и соотносительную. Данные о типах изменчивости приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1- Сравнительная характеристика форм изменчивости

Формы изменчивости	Причины появления	Значение	Примеры	
Ненаследственная модификационная (фенотипическая)	Изменение условий среды, в результате чего организм изменяется в пределах нормы реакции, заданной генотипом	Адаптация - приспособление к данным условиям среды, выживание, сохранение потомства	Белокочанная капуста в условиях жаркого климата не образует кочана. Породы лошадей и коров, завезенных в горы, становятся низкорослыми	
Наследственная (генотипическая)	Мутационная	Влияние внешних и внутренних мутационных факторов, в результате чего происходит изменение в генах и хромосомах	Материал для естественного и искусственного отбора, так как мутации могут быть полезные, вредные и безразличные, доминантные и рецессивные	Появление полиплоидных форм в популяции растений или у некоторых животных (насекомых, рыб) приводит к их репродуктивной изоляции и образованию новых видов, родов -- микроэволюции
	Комбинативная	Возникает стихийно в рамках популяции при скрещивании, когда у потомков появляются новые комбинации генов	Распространение в популяции новых наследственных изменений, которые служат материалом для отбора	Появление розовых цветков при скрещивании белоцветковой и красноцветковой примул. При скрещивании белого и серого кроликов может появиться черное потомство

	Соотноси-тельная (коррелятивная)	Возникает в результате свойства генов влиять на формирование не одного, а двух и более признаков	Постоянство взаимосвязанных признаков, целостность организма как системы	Длинноногие животные имеют длинную шею. У столовых сортов свеклы согласованно изменяется окраска корнеплода, черешков и жилок листа
--	----------------------------------	--	--	---

**Онтогенез - индивидуальное развитие организма**, совокупность последовательных морфологических, физиологических и биохимических преобразований, претерпеваемых организмом от момента его зарождения до конца жизни. Онтогенез включает рост, т. е. увеличение массы тела, его размеров, дифференцировку. Термин введён Э. Геккелем. В ходе онтогенеза каждый организм закономерно проходит последовательные фазы, стадии или периоды развития, из которых основными у организмов, размножающихся половым путём, являются: зародышевый (эмбриональный), послезародышевый (постэмбриональный) и период развития взрослого организма. В основе онтогенеза лежит сложный процесс реализации на разных стадиях развития организма наследственной информации, заложенной в каждой из его клеток. Обусловленная наследственностью программа онтогенеза осуществляется под влиянием многих факторов (условия внешней среды, межклеточные и межтканевые взаимодействия, гуморально-гормональные и нервные регуляции и т.д.) и выражается во взаимосвязанных процессах размножения клеток, их роста и дифференцировки.

Одной из главных особенностей всех организмов является способность к **росту**. Было бы неверным представлять рост просто как увеличение в размерах. Так, размеры растительной клетки могут увеличиться при поглощении воды, но этот процесс не будет истинным ростом, так как он обратим. Обычно ростом называется увеличение размеров организма (либо отдельных органов) за счёт процессов биосинтеза. В некоторых случаях рост может быть отрицательным (например, уменьшение сухой массы семени при образовании ростка).

Рост многоклеточного организма можно разделить на два процесса:

- деление клеток в результате митоза;
- рост клеток – необратимое увеличение в размерах за счёт поглощения воды или синтеза протоплазмы.

У однолетних растений, некоторых насекомых, птиц и млекопитающих рост ограничен. После наступления максимальной интенсивности роста, когда организм достигает зрелости и размножается, рост замедляется, а потом и вовсе приостанавливается, после чего организм стареет и гибнет. У многолетних растений (особенно у деревьев), многих беспозвоночных, рыб и пресмыкающихся рост неограниченный; какая-то небольшая положительная скорость роста наблюдается до самой гибели. Необычным типом роста характеризуются многие членистоногие. Их наружный скелет не может увеличиваться в размерах, и этим животным приходится его сбрасывать. В тот короткий период, пока новый скелет не затвердеет, и происходит увеличение размеров тела.

**Смерть (гибель)** — необратимое прекращение, остановка жизнедеятельности организма. Для одноклеточных живых форм завершением периода существования отдельного организма может являться как смерть, так и митотическое деление клетки. Наступлению смерти всегда предшествуют терминальные состояния — преагональное состояние, агония и клиническая смерть, — которые в совокупности могут продолжаться различное время, от нескольких минут до часов и даже суток. Вне зависимости от темпа наступления смерти ей всегда предшествует состояние клинической смерти. Клиническая смерть про-



должается с момента прекращения сердечной деятельности, дыхания и функционирования ЦНС и до момента, пока в мозгу не разовьются необратимые патологические изменения. В состоянии клинической смерти анаэробный обмен веществ в тканях продолжается за счёт накопленных в клетках запасов. Как только эти запасы в нервной ткани заканчиваются, она умирает. При полном отсутствии кислорода в тканях омертвление клеток коры головного мозга и мозжечка (наиболее чувствительных к кислородному голоданию отделов мозга) начинается через 2—2,5 минуты. После смерти коры восстановление жизненных функций организма становится невозможным, то есть клиническая смерть переходит в биологическую.

ЗАОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

## 4 СТРОЕНИЕ БИОСФЕРЫ

**Биосфера** — геологическая оболочка Земли, заселённая живыми организмами, находящаяся под их воздействием и занятая продуктами их жизнедеятельности; «пленка жизни»; глобальная экосистема Земли.

Термин «**биосфера**» был введён в биологии Жаном-Батистом Ламарком (Рисунок 4.18) в начале XIX в., а в геологии предложен австрийским геологом Эдуардом Зюссом (Рисунок 4.19) в 1875 году.

Целостное учение о биосфере создал русский биогеохимик и философ В.И. Вернадский. Он впервые отвёл живым организмам роль главной преобразующей силы планеты Земля, учитывая их деятельность не только в настоящее время, но и в прошлом.

Биосфера располагается на пересечении верхней части литосферы, нижней части атмосферы и занимает всю гидросферу (Рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 - Биосфера

### Границы биосферы

- **Верхняя граница в атмосфере:** 15÷20 км. Она определяется озоновым слоем, задерживающим коротковолновое УФ-излучение, губительное для живых организмов.
- **Нижняя граница в литосфере:** 3,5÷7,5 км. Она определяется температурой перехода воды в пар и температурой денатурации белков, однако в основном распространение живых организмов ограничивается вглубь несколькими метрами.
- **Нижняя граница в гидросфере:** 10÷11 км. Она определяется дном Мирового Океана, включая донные отложения.

Биосферу слагают следующие типы веществ:

1. **Живое вещество** — вся совокупность тел живых организмов, населяющих Землю, физико-химически едина, вне зависимости от их систематической принадлежности. Масса живого вещества сравнительно мала и оценивается величиной  $2,4-3,6 \cdot 10^{12}$  т (в сухом весе) и составляет менее  $10^{-6}$  массы других оболочек Земли. Но это одна «из самых могущественных геохимических сил нашей планеты», поскольку живое вещество не просто населяет биосферу, а преобразует облик Земли. Живое вещество распределено в пределах биосферы очень неравномерно.

2. **Биогенное вещество** — вещество, создаваемое и перерабатываемое живым веществом. На протяжении органической эволюции живые организмы тысячекратно пропустили через свои органы, ткани, клетки, кровь всю атмосферу, весь объём мирового океана, огромную массу минеральных веществ. Эту геологическую роль живого вещества можно представить себе по месторождениям угля, нефти, карбонатных пород и т.д.

3. **Косное вещество** — в образовании которого жизнь не участвует; твердое, жидкое и газообразное.

4. **Биокосное вещество**, которое создается одновременно живыми организмами и косными процессами, представляя динамически равновесные системы тех и других. Таковы почва, ил, кора выветривания и т. д. Организмы в них играют ведущую роль.

5. **Вещество, находящееся в радиоактивном распаде.**

6. **Рассеянные атомы**, непрерывно создающиеся из всякого рода земного вещества под влиянием космических излучений.

7. **Вещество космического происхождения. Строение земли**

О строении, составе и свойствах «твердой» Земли имеются преимущественно предположительные сведения, поскольку непосредственному наблюдению доступна лишь самая верхняя часть земной коры. Наиболее достоверные из них – с е й с м и ч е с к и е м е т о д ы, основанные на изучении путей и скорости распространения в Земле упругих колебаний (сейсмических волн). С их помощью удалось установить разделение «твердой» Земли на отдельные сферы и составить представление о внутреннем строении Земли». Получается, что общепринятое представление о глубинном строении земного шара является предположением, потому что создано не по прямым фактическим данным. В учебниках по географии о земной коре, мантии и ядре сообщается как о реально существующих объектах без тени сомнения возможной их выдуманности. Термин «земная кора» появился в середине XIX в., когда в естествознании получила признания гипотеза образования Земли из раскаленного газового шара, в настоящее время именуемая гипотезой Канта-Лапласа. Мощность земной коры принималась 10 миль (16 км). Ниже – первичный расплавленный материал, сохранившийся с момента образования нашей планеты.

В 1909г. на Балканском полуострове, около г. Загреба, произошло сильное землетрясение. Хорватский геофизик Андрия Мохоровичич, изучая сейсмограмму, записанную в момент этого события, заметил, что на глубине примерно 30 км скорость волн существенно увеличивается. Данное наблюдение подтвердили и другие сейсмологи. Значит, существует некий раздел, ограничивающий снизу земную кору. Для его обозначения ввели особый термин – поверхность Мохоровичича (или раздел Мохо) ( Рисунок 4.2).

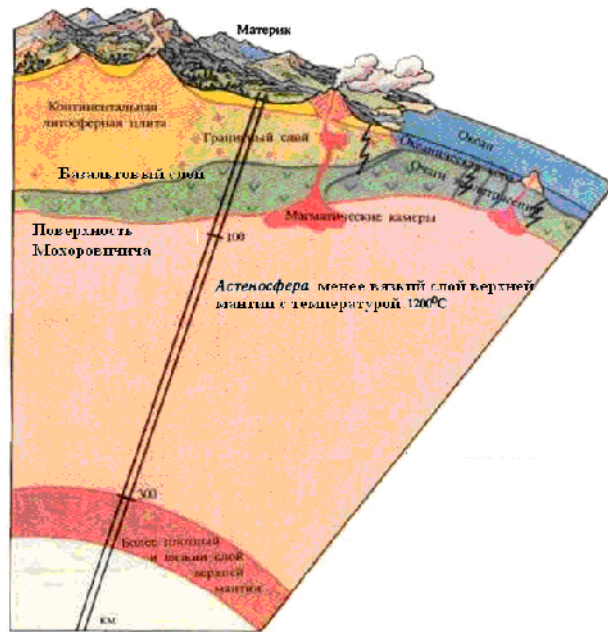


Рисунок 4.2 - Мантия, астеносфера, поверхность Мохоровичича

Земля заключена в твердую внешнюю оболочку, или литосферу, состоящую из коры и твердого верхнего слоя мантии. Литосфера расколота на огромные блоки, или плиты. Под давлением могучих подземных сил эти плиты непрерывно движутся (Рисунок 4.3). В одних местах их движение приводит к возникновению горных хребтов, в других края плит втягиваются в глубокие впадины. Это явление называется поддвигом, или субдукцией. Смещаясь, плиты то соединяются, то раскалываются, и зоны их стыков называют границами. Вот в этих наиболее слабых точках земной коры чаще всего и зарождаются вулканы.

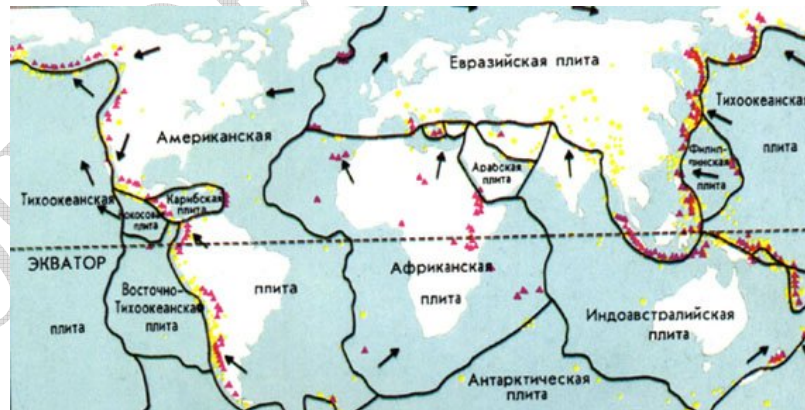


Рисунок 4.3 - Плиты Земли

Под корой на глубинах от 30-50 до 2900 км расположена мантия Земли. Она состоит главным образом из горных пород, богатых магнием и железом. Мантия занимает до 82% объема планеты и подразделяется на верхнюю и нижнюю. Первая залегает ниже поверхности Мохо до глубины 670 км. Быстрое падение давления в верхней части мантии и высокая температура приводят к плавлению ее вещества. На глубине от 400 км под материками и 10-150 км под океанами, т.е. в верхней мантии, был обнаружен слой, где сейсмические волны распространяются сравнительно медленно. Этот слой назвали астеносферой (от греч. “астенес” - слабый). Здесь доля расплава составляет 1-3%, более пластичная,

чем остальная мантия. Астеносфера служит “смазкой”, по которой перемещаются жесткие литосферные плиты. По сравнению с породами, слагающими земную кору, породы мантии отличаются большой плотностью и скорость распространения сейсмических волн в них заметно выше. В самом “подвале” нижней мантии – на глубине 1000км и до поверхности ядра – плотность постепенно увеличивается. Из чего состоит нижняя мантия, пока остается загадкой.

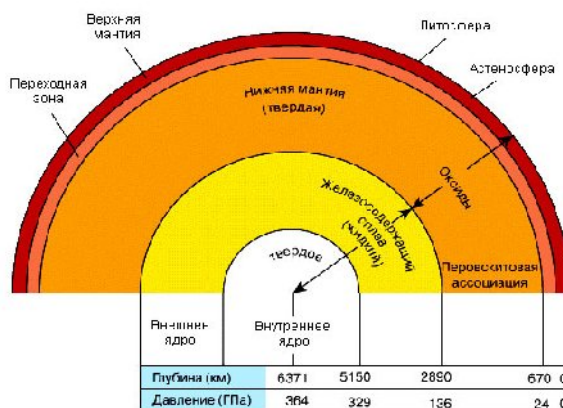


Рисунок 4.4 - Предполагаемое строение Земли

Предполагают, что поверхность ядра состоит из вещества, обладающего свойствами жидкости. Граница ядра находится на глубине 2900 км. А вот внутренняя область, начинающаяся с глубины 5100км, должна вести себя как твердое тело. Это должно быть обусловлено очень высоким давлением. Даже на верхней границе ядра теоретически рассчитанное давление составляет около 1,3 млн.атм. а в центре достигает 3 млн.атм. Температура здесь может превышать 10000° С. Однако насколько справедливы данные предположения можно только гадать (Рисунок 4.4). Первая же проверка бурением строения земной коры континентального типа из гранитного слоя и ниже его базальтового дала другие результаты. Речь идет о результатах бурения Кольской сверхглубокой скважины(Рисунок 4.5). Заложена она была на севере Кольского полуострова в чисто научных целях для вскрытия на глубине 7 км предсказанного предположительно базальтового слоя. Там горные породы имеют скорость продольных сейсмических волн 7,0-7,5 км/с. По этим данным базальтовый слой и выделяется повсеместно. Это место было выбрано потому, что по геофизическим данным базальтовый слой в пределах СССР здесь находится ближе всего к поверхности литосферы. Выше залегают породы со скоростями продольных волн 6,0-6,5 км/с – гранитный слой.

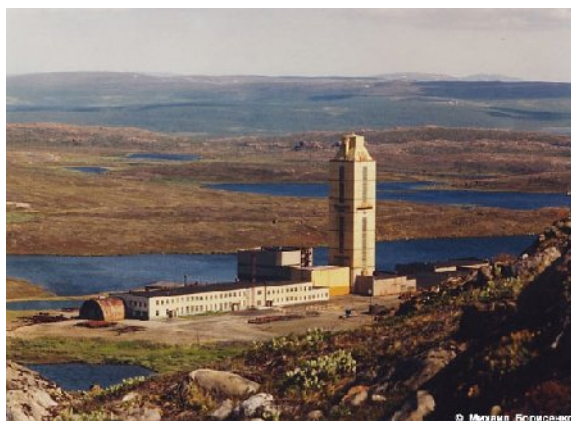




Рисунок 4.5- Кольская сверхглубокая скважина

Реальный вскрытый Кольской сверхглубокой скважиной разрез оказался совершенно другим. До глубины 6842 м распространены песчаники и туфы базальтового состава с телами долеритов (скрытокристаллических базальтов), а ниже – гнейсы, гранито-гнейсы, реже – амфиболиты. Самое же главное в результатах бурения Кольской сверхглубокой скважины, единственной из пробуренных на Земле глубже 12 км, то, что они не просто опровергли общепринятое представление о строении верхней части литосферы, а то, что до их получения вообще нельзя было говорить о вещественном строении этих глубин земного шара. Однако ни в школьных ни в вузовских учебниках по географии и геологии результаты бурения Кольской сверхглубокой скважины не сообщаются, а изложение раздела Литосфера начинается с того, что говорится о ядре, мантии и земной коре, которая на материках сложена гранитным слоем, а ниже – базальтовым.

### Атмосфера Земли

**Атмосфера** Земли — воздушная оболочка Земли, состоящая в основном из газов и различных примесей (пыль, капли воды, кристаллы льда, морские соли, продукты горения), количество которых непостоянно. Атмосфера до высоты 500 км состоит из тропосферы, стратосферы, мезосферы, ионосферы (термосферы), экзосферы (Рисунок 4.6)

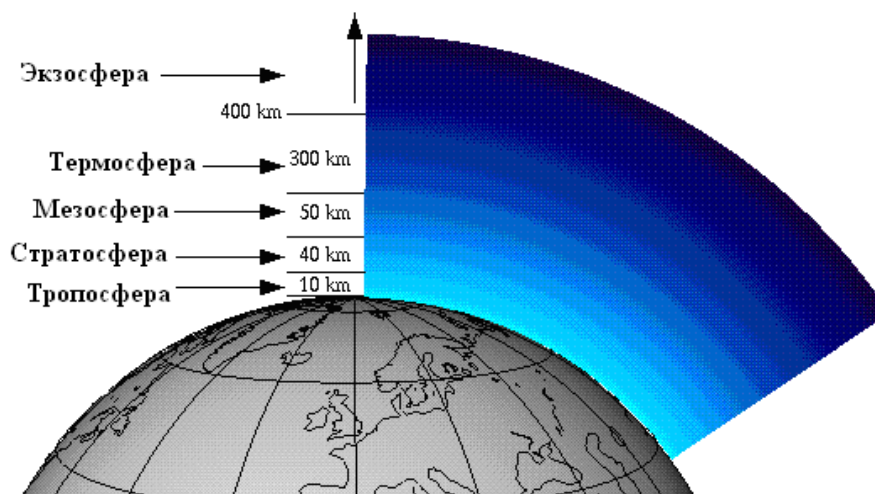


Рисунок 4.6 - Строение атмосферы до высоты 500 км

**Тропосфера** — нижний, наиболее изученный слой атмосферы, высотой в полярных областях 8—10 км, в умеренных широтах до 10—12 км, на экваторе — 16—18 км. В тропосфере сосредоточено примерно 80—90% всей массы атмосферы и почти все водяные пары. При подъёме через каждые 100 м температура в тропосфере понижается в среднем на  $0,65^\circ$  и достигает 220 К ( $-53^\circ\text{C}$ ) в верхней части. Этот верхний слой тропосферы называют тропопаузой.

**Стратосфера** — слой атмосферы, располагающийся на высоте от 11 до 50 км. Характерно незначительное изменение температуры в слое 11—25 км (нижний слой стратосферы) и повышение её в слое 25—40 км от  $-56,5$  до  $0,8^\circ\text{C}$  (верхний слой стратосферы или область инверсии). Достигнув на высоте около 40 км значения около 273 К (около  $0^\circ\text{C}$ ), температура остаётся постоянной до высоты около 55 км. Эта область постоянной температуры называется стратопаузой и является границей между стратосферой и мезосферой. Именно в стратосфере располагается слой озоносферы («озоновый слой») (на вы-

соте от 15—20 до 55—60 км), который определяет верхний предел жизни в биосфере. Важный компонент стратосферы и мезосферы —  $O_3$ , образующийся в результате фотохимических реакций наиболее интенсивно на высоте  $\sim 30$  км. Общая масса  $O_3$  составила бы при нормальном давлении слой толщиной 1,7—4,0 мм, но и этого достаточно для поглощения губительного для жизни УФ-излучения Солнца. Разрушение  $O_3$  происходит при его взаимодействии со свободными радикалами,  $NO$ , галогенсодержащими соединениями (в т. ч. «фреонами»). В стратосфере задерживается большая часть коротковолновой части ультрафиолетового излучения (180—200 нм) и происходит трансформация энергии коротких волн. Под влиянием этих лучей изменяются магнитные поля, распадаются молекулы, происходит ионизация, новообразование газов и других химических соединений. Эти процессы можно наблюдать в виде северных сияний, зарниц, и др. свечений. В стратосфере и более высоких слоях под воздействия солнечной радиации молекулы газов диссоциируют — на атомы (выше 80 км диссоциируют  $CO_2$  и  $H_2$ , выше 150 км —  $O_2$ , выше 300 км —  $H_2$ ). На высоте 100—400 км в ионосфере происходит также ионизация газов, на высоте 320 км концентрация заряженных частиц ( $O_2^+$ ,  $O_2^-$ ,  $N_2^+$ ) составляет  $\sim 1/300$  от концентрации нейтральных частиц. В верхних слоях атмосферы присутствуют свободные радикалы —  $OH\cdot$ ,  $HO\cdot_2$  и др. В стратосфере почти нет водяного пара.

Мезосфера начинается на высоте 50 км и простирается до 80—90 км. Температура воздуха до высоты 75—85 км понижается до  $-88^\circ C$ . Верхней границей мезосферы является мезопауза.

Термосфера (другое название — ионосфера) — слой атмосферы, следующий за мезосферой, — начинается на высоте 80—90 км и простирается до 800 км. Температура воздуха в термосфере быстро и неуклонно возрастает и достигает нескольких сотен и даже тысяч градусов.

Экзосфера — зона рассеяния, внешняя часть термосферы, расположенная выше 800 км. Газ в экзосфере сильно разрежен, и отсюда идёт утечка его частиц в межпланетное пространство.

Концентрации газов, составляющих атмосферу, в приземном слое практически постоянны, за исключением воды ( $H_2O$ ) и углекислого газа ( $CO_2$ ). Изменение химического состава атмосферы в зависимости от высоты приведено на Рисунок 4.7.

Изменение давления и температуры слоя атмосферы до высоты 35 км приведено на Рисунок 4.8.

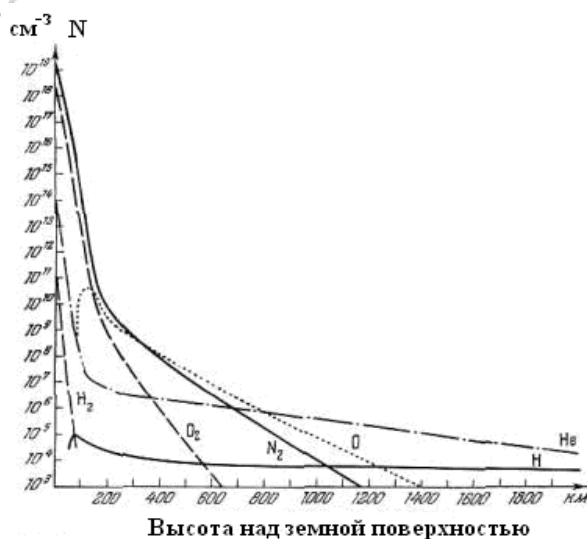


Рисунок 4.7 - Изменение химического состава атмосферы в количестве атомов газа в 1 см<sup>3</sup> по высоте

Состав приземного слоя атмосферы приведен в таблице 4.1:

Таблица 4.1

Состав воздуха

Газ	Содержание по объёму, %	Содержание по массе, %
Азот	78,084	75,50
Кислород	20,946	23,10
Аргон	0,932	1,286
Вода	0,5—4	—
Углекислый газ	0,032	0,046
Неон	$1,818 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$
Гелий	$4,6 \times 10^{-4}$	$7,2 \times 10^{-5}$
Метан	$1,7 \times 10^{-4}$	—
Криптон	$1,14 \times 10^{-4}$	$2,9 \times 10^{-4}$
Водород	$5 \times 10^{-5}$	$7,6 \times 10^{-5}$

Кроме указанных в таблице газов, в атмосфере содержатся SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, CO, углеводороды, HCl, HF, пары Hg, I<sub>2</sub>, а также NO и многие другие газы в незначительных количествах.



Рисунок 4.8 Изменение давления и температуры слоя атмосферы до высоты 35 км

Первичная атмосфера Земли была схожа с атмосферой других планет. Так, 89% атмосферы Юпитера приходится на водород. Еще примерно 10% на гелий, оставшиеся доли процента занимает метан, аммиак и этан. Есть и «снег» — как из водяного, так и из аммиачного льда.

Атмосфера Сатурна также состоит в основном из гелия, водорода (Рисунок 4.9)



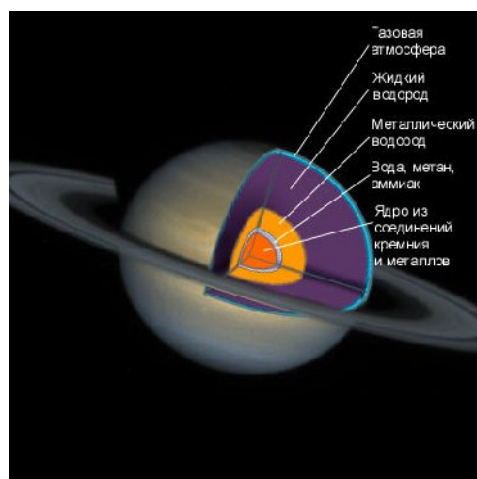


Рисунок 4.9 - Атмосфера Сатурна

### История образования атмосферы Земли

1. Первоначально она состояла из лёгких газов (водорода и гелия), захваченных из межпланетного пространства. Это так называемая первичная атмосфера.

2. Активная вулканическая деятельность привела к насыщению атмосферы и другими газами, кроме водорода (углеводородами, аммиаком, водяным паром). Так образовалась вторичная атмосфера.

3. Постоянная утечка водорода в межпланетное пространство, химические реакции, происходящие в атмосфере под влиянием ультрафиолетового излучения, грозových разрядов и некоторых других факторов привели к образованию третичной атмосферы.

4. С появлением на Земле живых организмов в результате фотосинтеза, сопровождающегося выделением кислорода и поглощением углекислого газа, состав атмосферы начал меняться и постепенно образовал современную четвертичную атмосферу (Рисунок 4.10). Существуют, однако, данные (анализ изотопного состава кислорода атмосферы и выделяющегося при фотосинтезе), свидетельствующие в пользу геологического происхождения атмосферного кислорода. Образованию кислорода из воды способствуют радиационные и фотохимические реакции. Однако их вклад незначителен. В течение различных эр состав атмосферы и содержание кислорода претерпевало весьма значительные изменения. Оно коррелировано с глобальными вымираниями, оледенениями, и другими глобальными процессами. Установление его равновесия стало, видимо, результатом появления гетеротрофных организмов на земле и в океане и вулканической деятельности.

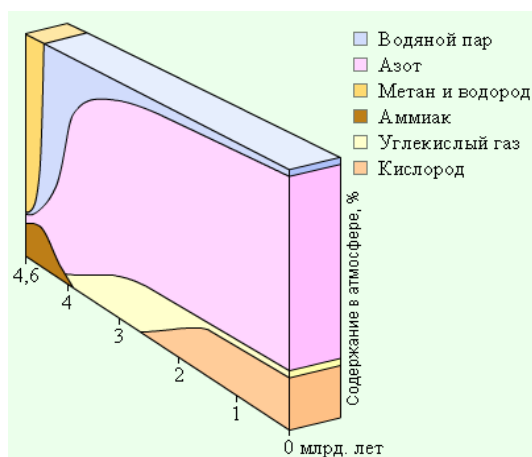


Рисунок 4.10 - Атмосфера Земли в разные периоды

Вопреки широко распространённому заблуждению, содержание в атмосфере кислорода и азота практически не зависит от лесов. Принципиально лес не может существенно повлиять на содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере потому, что он не накапливает углерод. Подавляющая часть углерода возвращается в атмосферу в результате окисления павших листьев и деревьев. Здоровый лес находится в равновесии с атмосферой и отдаёт ровно столько же сколько и берет на процесс «дыхания». Причем тропические леса чаще поглощают, а тайга «слегка» выделяет кислород. В 1990-х годах были проведены эксперименты по созданию замкнутой экологической системы («Биосфера 2»), в ходе которых не удалось создать стабильную систему, обладающую единым составом воздуха. Влияние микроорганизмов привело к снижению уровня кислорода до 15% и увеличению количества углекислого газа.

За последние 100 лет содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере возросло на 10%, причём основная часть (360 млрд. т) поступила в результате сжигания топлива (Рисунок 4.11). Если темпы роста сжигания топлива сохраняются то в ближайшие 50—60 лет, то количество  $\text{CO}_2$  в атмосфере удвоится и может привести к глобальным изменениям климата.

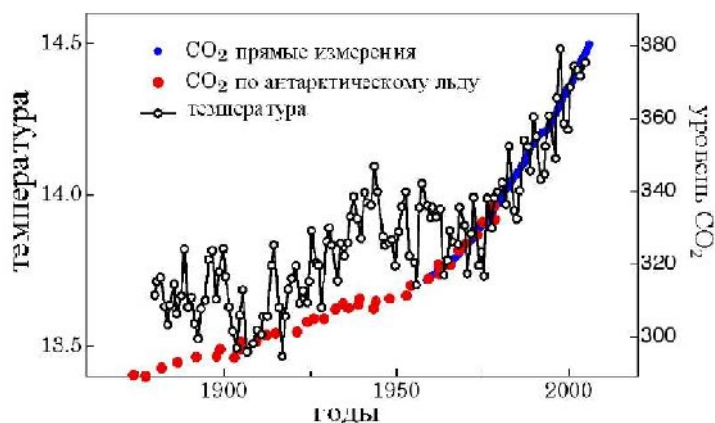


Рисунок 4.11 - Ход повышения концентрации углекислого газа и средней температуры в последние годы

Принцип возникновения парникового эффекта поясняется рисунком 4.12.



Рисунок 4.12 - Принципы возникновения парникового эффекта  
 Озоновый слой располагается в стратосфере на высотах от 15 до 35 км (Рисунок 4.13) :

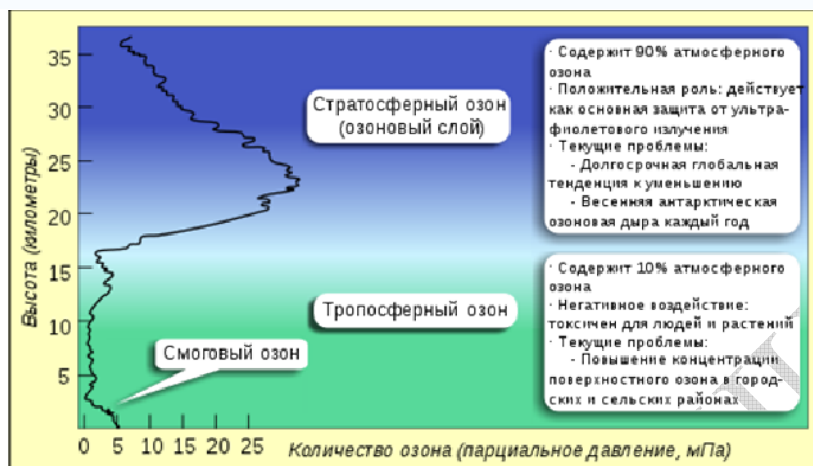


Рисунок 4.13- Строение озонового слоя

За последние годы концентрация озона в стратосфере резко упала, что приводит к повышению УФ фона на Земле, особенно в районе Антарктики (Рисунок 4.14).

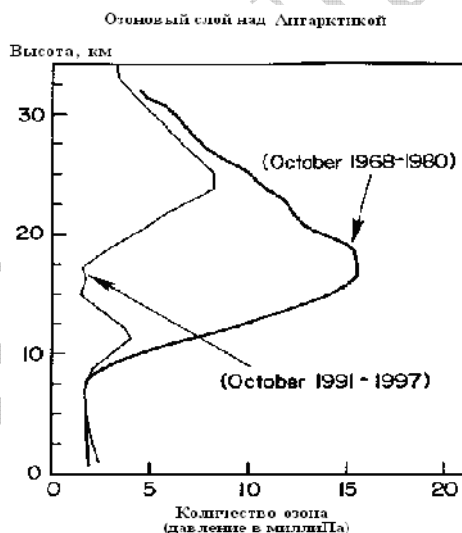


Рисунок 4.14 - Изменения озонового слоя над Антарктикой

### Гидросфера

**Гидросфера** (греч. Hydor - вода + Sphaira - шар) — совокупность всех водных запасов Земли, прерывистая водная оболочка земного шара, расположенная на поверхности и в толще земной коры и представляющая совокупность океанов, морей и водных объектов суши.

3/4 поверхности Земли занимают океаны, моря, водоемы, ледники. Количество воды в океане непостоянно и с течением времени меняется от различных факторов. Колебания уровня составляют в различные периоды существования Земли до 150 метров. Подземные воды являются связующим звеном всей гидросферы. Учитываются только подземные воды, залегающие на глубинах до 5 км. Они замыкают геологический круговорот

воды. Их количество оценивается объемом  $10^5$  тыс. куб км или около 7% всей гидросферы.

Льды и снега по количеству являются одной из самых важных составляющих гидросферы. Масса воды в ледниках составляет  $2,6 \times 10^7$  млрд тонн.

Почвенные воды играют огромную роль в биосфере, т.к. именно из-за воды в почве протекают биохимические процессы, обеспечивающие плодородность почвы. Масса почвенных вод оценивается  $8 \times 10^3$  млрд тонн.

Реки имеют наименьшее количество воды в биосфере. Запасы воды в реках оцениваются в  $1-2 \times 10^3$  млрд тонн. Речные воды обычно пресные, их минерализация неустойчива и меняется от времени года. Реки текут по тектонически-образованным понижениям рельефа.

Атмосферная вода объединяет гидросферу и атмосферу. Атмосферная влага всегда пресная. Масса атмосферной воды  $14 \times 10^3$  млрд тонн. Ее значение для биосферы очень велико. Среднее время оборота воды между гидросферой и атмосферой составляет 9-10 суток.

Значительная часть воды находится в биосфере в связанном состоянии в живых организмах –  $1,1 \times 10^3$  млрд тонн. В водной среде растения непрерывно фильтруют воду через свою поверхность. На суше растения извлекают воду корнями из почвы и транспирируют ее своей наземной частью. Для синтеза 1 грамма биомассы растения должны испарять около 100 грамм воды (Планктон профильтровывает через себя всю воду океанов за время около 1 года).

Соотношение соленой и пресной воды в гидросфере приведено на Рисунок 4.15

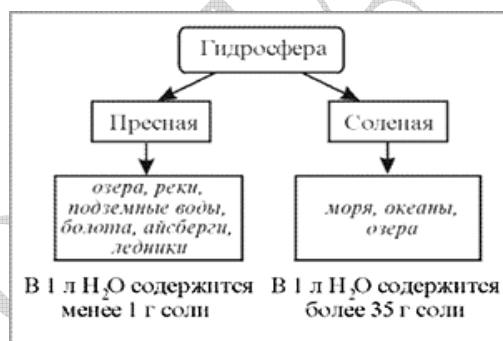


Рисунок 4.15 Соотношение соленой и пресной воды в гидросфере

Большая часть воды сосредоточена в океане, значительно меньше — в континентальной речной сети и подземных водах. Также большие запасы воды имеются в атмосфере, в виде облаков и водяного пара. Свыше 96% объема гидросферы составляют моря и океаны, около 2% — подземные воды, около 2% — льды и снега, около 0,02% — поверхностные воды суши. Часть воды находится в твёрдом состоянии в виде ледников, снежного покрова и в вечной мерзлоте, представляя собой криосферу. Поверхностные воды, занимая сравнительно малую долю в общей массе гидросферы, тем не менее играют важнейшую роль в жизни нашей планеты, являясь основным источником водоснабжения, орошения и обводнения. Воды гидросферы находятся в постоянном взаимодействии с атмосферой, земной корой и биосферой. Взаимодействие этих вод и взаимные переходы из одних видов вод в другие составляют сложный круговорот воды на земном шаре. В гидросфере впервые зародилась жизнь на Земле. Лишь в начале палеозойской эры началось постепенное переселение животных и растительных организмов на сушу.

Одной из самых главных функций гидросферы является запасание тепла, приводящее к глобальному круговороту воды в биосфере. Нагрев поверхностных вод Солнцем (Рисунок 4.16) приводит к перераспределению тепла по всей планете.

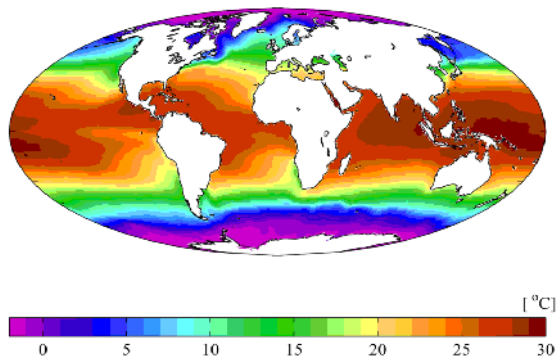


Рисунок 4.16 - Температура поверхностных океанических вод

Жизнь в гидросфере распределена крайне неравномерно. Значительная часть гидросферы имеет слабую заселенность организмами. Особенно это касается океанических глубин, где мало света и сравнительно низкие температуры.

Основные поверхностные течения:

В северной части Тихого океана: тёплые - Куроисио, Северо-Тихоокеанское и Аляскинское; холодные - Калифорнийское и Курильское. В южной части: тёплые - Южно-Пассатное и Восточно-Австралийское; холодные - Западных Ветров и Перуанское (Рисунок 4.17). Течения северной части Атлантического океана тесно согласованы с течениями Северного Ледовитого океана. В центральной Атлантике вода нагревается и перемещается течением Гольфстрим к северу, где вода остывает и погружается в глубину Северного Ледовитого океана.

#### **Биогеохимические функции живого вещества в биосфере.**

В.И. Вернадский выделил пять биогеохимических функций живого вещества в биосфере.

Первая функция - газовая. Большинство газов верхних горизонтов планеты порождено жизнью. Подземные горючие газы - продукты разложения органических веществ растительного происхождения, ранее захороненных в осадочных толщах. Наиболее распространенным является болотный газ (метан). Основные газы атмосферы Земли - азот и кислород имеют биогенное происхождение.



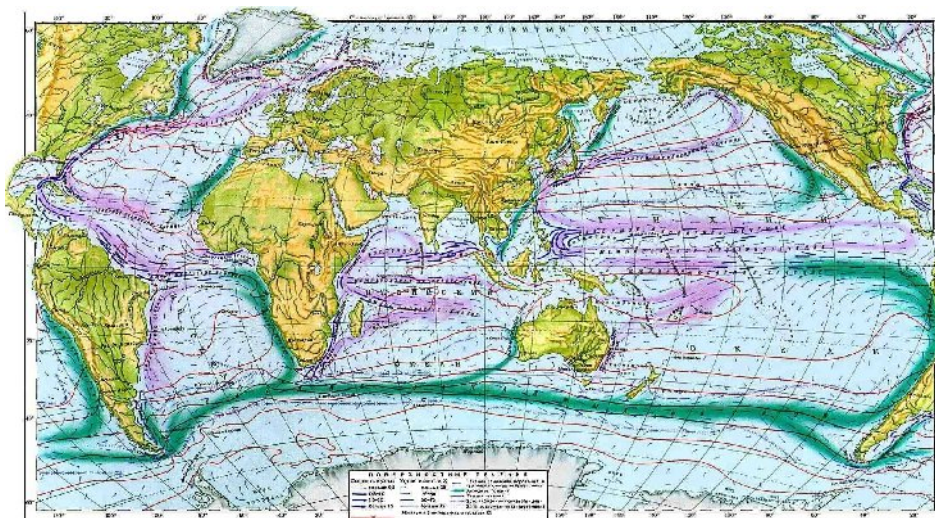


Рисунок 4.17 - Основные течения мирового океана

Вторая функция - концентрационная. Организмы накапливают в своих телах многие химические элементы. На первом месте, естественно, стоит углерод. В углях содержание углерода по степени концентрации в тысячи раз больше, чем в среднем для земной коры. Нефти - концентраторы углерода и водорода, поскольку сами имеют биогенное происхождение. В отношении концентрации металлов первое место занимает кальций. Целые горные хребты сложены остатками животных с известковым скелетом. Концентраторами кремния выступают диатомовые водоросли, радиолярии, некоторые губки, йода - водоросли ламинарии, железа марганца - особые бактерии. Фосфор накапливается позвоночными животными, сосредотачиваясь в их костях.

Третья функция - окислительно-восстановительная. Она играет важную роль в истории многих химических элементов с переменной валентностью. В процессе своей жизнедеятельности и после своей гибели организмы, обитающие в разных водоемах, регулируют кислородный режим и тем самым создают условия, благоприятные для растворения или же осаждения ряда металлов с переменной валентностью (V, Mn, Fe).

Четвертая функция - биохимическая. Эта функция связана с ростом, размножением и перемещением живых организмов в пространстве. Размножение приводит к быстрому распространению живых организмов, «расползанию» живого вещества в разные географические области.

Пятая функция - биогеохимическая деятельность человека. Она охватывает все возрастающее количество вещества земной коры для нужд промышленности, транспорта, сельского хозяйства и бытовых потребностей человека. Эта функция занимает особое место и заслуживает особо тщательного изучения.



#### Рисунок 4.18 - Жан Батист Пьер Антуан де Моне Ламарк

Дата рождения: 1 августа 1744

Место рождения: Базантен

Дата смерти: 18 декабря 1829 (85 лет)

Место смерти: Париж

Ламарк работал в Королевском ботаническом саду, где он стал профессором по кафедре зоологии насекомых, червей и микроскопических животных. Ламарк руководил этой кафедрой в течение 24 лет. С 1815 по 1822 год выходил в свет капитальный семитомный труд Ламарка «Естественная история беспозвоночных». В нём он описал все известные в то время роды и виды беспозвоночных. Линней разделил их только на два класса (червей и насекомых), Ламарк же выделил среди них 10 классов. Ламарк ввёл в обращение и ещё один термин, ставший общепринятым — «биология» (в 1802 году). Он сделал это одновременно с немецким учёным Г. Р. Тревиранусом и независимо от него. К 1820 Ламарк полностью ослеп, свои труды диктовал дочерям. Самым важным трудом Ламарка стала книга «Философия зоологии», вышедшая в 1809 году. В ней он изложил свою теорию эволюции живого мира. Скончался Ламарк в бедности и безвестности, дожив до 85 лет, 18 декабря 1829 года. До последнего его часа с ним оставалась его дочь Корнелия, которая писала под диктовку ослепшего отца. В 1909 году, в столетнюю годовщину выхода в свет «Философии зоологии», в Париже был торжественно открыт памятник Ламарку. На одном из барельефов памятника изображён Ламарк в старости, потерявший зрение. Он сидит в кресле, а его дочь, стоя рядом, говорит ему: «Потомство будет восхищаться Вами, отец, оно отомстит за Вас».



Рисунок 4.19 - Эдуард Зюсс

(родился 20 августа 1831, Лондон — умер 26 апреля 1914, Вена)

Австрийский геолог и общественный деятель. Учился в Праге и Вене, где в 1857 получил кафедру геологии. Был членом общинного совета и референтом комиссии по снабжению города водой и урегулированию Дуная, а также членом нижнеавстрийского сейма (ландтага); в 1870-1874 деятельно занимался проведением нового школьного законодательства в Нижней Австрии, в 1873 был избран в рейхсрат, где многократно показывал себя блестящим оратором, особенно в борьбе с ультрамонтанами. Из научных трудов Зюсса, главным образом относящихся к стратиграфии Альп, к геологии Италии. Но главный, классический труд Зюсса «Лик Земли» (1883-1888), в котором он, один из самых выдающихся современных геологов, привёл в стройную систему важнейшие формы земной поверхности и установил законную связь современного распределения морей, океанов, материков и горных цепей с геологической историей земли.





**Рисунок 4.20 - Владимир Иванович Вернадский**

Дата рождения: 28 февраля 1863

Место рождения: Санкт-Петербург, Российская империя

Дата смерти: 6 января 1945

Деятельность Вернадского оказала огромное влияние на развитие наук о Земле, на становление и рост АН СССР, на мировоззрение многих людей. Член Государственного совета (1906, 1907—1911, 1915—1917). В 1915—1930 годах председатель Комиссии по изучению естественных производительных сил России, был одним из создателей плана ГОЭЛРО. Комиссия внесла огромный вклад в геологическое изучение Советского Союза и создание его независимой минерально-сырьевой базы.

С 1912 года академик Российской академии наук (позже Академия наук СССР). Один из основателей и первый президент (27 октября 1918) Украинской академии наук. С 1920 по 1921 год ректор Таврического университета в Симферополе. С 1922 по 1939 год директор организованного им Радиевого института. В период с 1922 по 1926 год работал за границей в Праге и Париже. Одной из основных причин работы во Франции было исследование в лабораториях Кюри паризия — вещества, ошибочно принятого за новый радиоактивный элемент. В 1927 году организовал в Академии наук СССР Отдел живого вещества. Вернадским опубликовано более 700 научных трудов.

Основал новую науку — биогеохимию и сделал огромный вклад в геохимию. С 1927 года до самой смерти занимал должность директора Биогеохимической лаборатории при Академии наук СССР. Был учителем целой плеяды советских геохимиков. Из философского наследия Вернадского наибольшую известность получило учение о ноосфере; он считается одним из основных мыслителей направления, известного как русский космизм. В 1943 году «за многолетние выдающиеся работы в области науки и техники» к 80-летию Вернадский был удостоен Сталинской премии I степени.

## 5 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

**Экологический фактор** - это любое условие среды, способное оказывать прямое или косвенное влияние на живые организмы. В свою очередь организм реагирует на экологический фактор приспособительными реакциями.

Принято выделять биотические, абиотические и антропогенные экологические факторы.

- Биотические факторы — всё множество факторов среды, связанных с деятельностью живых организмов. К ним относятся фитогенные (растения), зоогенные (животные), микробиогенные (микроорганизмы) факторы.

- Абиотические факторы — всё множество факторов, связанных с процессами в неживой природе. К ним относятся климатические (температурный режим, влажность, давление), эдафогенные (механический состав, воздухопроницаемость, плотность почвы), орографические (рельеф, высота над уровнем моря), химические (газовый состав воздуха, солевой состав воды, концентрация, кислотность), физические (шум, магнитные поля, теплопроводность, радиоактивность, космическое излучение)

- Антропогенные факторы — всё множество факторов, связанных с деятельностью человека. К ним относятся физические (использование атомной энергии, перемещение в поездах и самолётах, влияние шума и вибрации и др.), химические (использование минеральных удобрений и ядохимикатов, загрязнение оболочек Земли отходами промышленности и транспорта; курение, употребление алкоголя и наркотиков, чрезмерное использование лекарственных средств), биологические (продукты питания; организмы, для которых человек может быть средой обитания или источником питания), социальные (связанные с отношениями людей и жизнью в обществе) факторы.

Часто встречающаяся классификация экологических факторов (факторов среды)

ПО ВРЕМЕНИ: эволюционный, исторический, действующий;

ПО ПЕРИОДИЧНОСТИ: периодический, непериодический;

ПО ОЧЕРЕДНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ: первичный, вторичный;

ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ: космический, абиотический (он же абиогенный), биогенный, биологический, биотический, природно-антропогенный, антропогенный (в т.ч. техногенный, загрязнения среды), антропический (в т.ч. беспокойства);

ПО СРЕДЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ: атмосферный, водный (он же влажности), геоморфологический, эдафический, физиологический, генетический, популяционный, биоценологический, экосистемный, биосферный

ПО ХАРАКТЕРУ: вещественно-энергетический, физический (геофизический, термический), биогенный (он же биотический), информационный, химический (солености, кислотности), комплексный (экологический, эволюции, системообразующий, географический, климатический);

ПО ОБЪЕКТУ: индивидуальный, групповой (социальный, этологический, социально-экономический, социально-психологический, видовой (в т.ч. человеческий, жизни общества));

ПО УСЛОВИЯМ СРЕДЫ: зависящий от плотности, не зависящий от плотности;

ПО СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ: летальный, экстремальный, лимитирующий, беспокоящий, мутагенный, тератогенный (уродующий); канцерогенный;

ПО СПЕКТРУ ВОЗДЕЙСТВИЯ: избирательный, общего действия;

### **Биотические факторы**

Теоретически взаимодействие популяций двух видов можно выразить в виде следующих комбинаций символов: 00, --, ++, +0, -0, +-. Примечание: (0) - существенное взаимодействие между популяциями отсутствует; (+) - благоприятное действие на рост,

выживание или другие характеристики популяции; ( - ) - ингибирующее действие на рост или другие характеристики популяции.

Выделяют 9 типов наиболее важных взаимодействий между видами:

- **Нейтрализм (00)**- ассоциация двух видов популяций не сказывается ни на одном из них;
- **Взаимное конкурентное подавление (--)** - обе популяции взаимно подавляют друг друга;
- **Конкуренция из-за ресурсов (--)** - каждая популяция неблагоприятно воздействует на другую при недостатке пищевых ресурсов;
- **Аменсализм (-0)** - одна популяция подавляет другую, но сама при этом не испытывает отрицательного влияния (Аменсализм - ненамеренное притеснение). Категория скорее теоретическая и в описаниях симбиоза встречается очень редко. Хорошей иллюстрацией может служить слон, совершенно не подозревающий о том, что он случайно давит своих мелких соседей.)
- **Паразитизм (+ -)** - популяция паразита наносит вред популяции хозяина;
- **Хищничество (+ -)** - одна популяция неблагоприятно воздействует на другую в результате прямого нападения, но зависит от другой;

#### Симбиоз

- **Комменсализм (+0)** - одна популяция извлекает пользу от объединения с другой, а другой популяции это объединение безразлично;
- **Протокооперация (+ +)** -обе популяции получают пользу от объединения;
- **Мутуализм (+ +)** - связь благоприятна для роста и выживания отдельных популяций, причём в естественных условиях ни одна из них не может существовать без другой.

При глубоком изучении симбиотических взаимоотношений выявляются некоторые тонкости. Так, буйволовые скворцы склевывая паразитов одновременно лакомятся плотью и кровью живых животных расклеывая рану.

1. **Нейтрализм** - ни одна популяция не влияет на другую. Виды не связаны между собой и даже не контактируют друг с другом (Рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 - Нейтрализм насекомых

**Конкуренция** - это использование ресурсов(пищи,воды,света, пространства)одниморганизмом, который темсамымуменьшает доступность этого ресурса для другого организма. Конкуренция бывает: внутривидовая, межвидовая, прямая и косвенная.

Если численность популяции невелика, то внутривидовая конкуренция выражена слабо и ресурсы имеются в изобилии. При высокой плотности популяции интенсивная внутривидовая конкуренция снижает наличие ресурсов до уровня, сдерживающего дальнейший рост, тем самым регулируется численность популяции.

Межвидовая конкуренция - взаимодействие между популяциями, которое неблагоприятно сказывается на их росте и выживаемости. При завозе в Британию из Северной Америки каролинской белки уменьшилась численность обыкновенной белки, т.к. каролинская белка оказалась более конкурентоспособной.

Прямая - это внутривидовая конкуренция, связанная с борьбой за место обитания, в частности защита индивидуальных участков у птиц или животных, выражающейся в прямых столкновениях. При недостатке ресурсов возможно поедание животных особей своего вида (волки, рыси, хищные клопы, пауки, крысы, щука, окунь и т.д.)

Косвенная - между кустарниками и травянистыми растениями в Калифорнии. Тот вид, который обосновался первым, исключает другой тип. Быстро растущие травы с глубокими корнями снижают содержание влаги в почве до уровня непригодного для кустарников. А высокой кустарник затеняет травы, не давая им произрастать из-за нехватки света. Некоторые растения выделяют вещества подавляющие развитие конкурентов. Даже тараканы в жилище человека способны вызвать аллергические реакции у проживающих людей за счет своих выделений.

**Паразитизм** - один организм (паразит) живёт за счёт питания тканями или соками другого организма (хозяина), тесно связан в своём жизненном цикле. Паразитов различают по месту обитания:

- находятся на поверхности хозяина. Блохи (Рисунок 5.2), вши, клещи - животные. Тля, мучнистая роса - растения. У паразита имеются специальные приспособления (крючки, присоски и т.п.)

- внутри хозяина. Вирусы, бактерии, примитивные грибы - растения. Глисты - животные. Высокая плодовитость. Не приводят к гибели хозяина, но угнетают процессы жизнедеятельности.

Почти все виды насекомых участвуют в паразитизме. Раньше полагали, что паразитизм является чем-то более или менее случайным, не имеющим значения в живой природе. Но изучение биологии насекомых совершенно перевернуло это представление. Теперь можно считать несомненным, что из миллиона видов насекомых почти все являются активными или пассивными участниками в паразитизме. Они поделены на две группы, из которых одна паразитирует на другой. Число паразитов из одной только группы перепончатокрылых исчисляется десятками тысяч уже описанных видов! Вместе с тем выяснилась и их громадная роль в экономике мира, заставившая совершенно иначе смотреть на любого паразита. Паразиты держат под контролем (!) численность любой популяции, а человеческую популяцию держали - до конца 19 века.



Рисунок 5.2 - Блоха

Блохи — это насекомые с полным превращением. Известно более 2380 видов блох. Длина тела у разных видов варьирует от 1 до 5 мм, но у самок некоторых видов может достигать 10 мм за счет гипертрофического разрастания брюшка после начала питания. Специальных мест для откладки яиц блохи не ищут. Оплодотворенные самки с силой выбрасывают яйца небольшими порциями для более успешного распространения или яйца могут быть отложены на покровы хозяина. Развитие яиц в среднем продолжается не более двух недель. Из яйца выходит безногая, червеобразная, активно передвигающаяся личинка, которая зарывается в субстрат норы или гнезда хозяина. Личинка питается либо различными разлагающимися остатками, или (у некоторых видов) непереваренной кровью, содержащейся в испражнениях взрослых блох.

Муха це-це (Рисунок 5.3) – живородящая. Это последствия «кровяной диеты». Рожает личинок без стадии яйца. Печальную известность приобрела эта кровососущая муха, переносящая особый вид трипаносом — возбудителей «сонной болезни», распространенной в Африке (до 70 % африканского населения до середины 20 века являлись носителями трипаносом и были «потенциальными мертвецами»). Трипаносомы постоянно встречаются в крови антилоп, крокодилов, которым не приносят вреда. Напившись крови такой антилопы или крокодила муха це-це нередко затем кусает человека, передавая ему трипаносом. Болезнь выражается в сне продолжительностью несколько месяцев, глубоким истощении и обычно заканчивается смертью. Лечение впервые было предложено Робертом Кохом и заключается в приеме мышьяковистых противопаразитарных препаратов. Первая инъекция такого препарата произошла на глазах тысячной толпы. Пациент проснулся и попросил есть.



Рисунок 5.3 - Муха Це-Це , вид больного сонной болезнью



Рисунок 5.4 - Кровососки



Кровососки (Рисунок 5.4). Их плоское и широкое тело с плотно прижатыми крыльями идеально приспособлено к движению в шерсти животных и перьях птиц, кожистые покровы служат надежной защитой от поранений, исключительная цепкость ног, снабженных длинными зубчатыми коготками, гарантирует безопасность при передвижении по хозяину, на котором проходит вся жизнь взрослой особи. Колющий хоботок в покое направлен вперед. Кровососки — плохие летуны. У некоторых видов крыльев нет вовсе. Поэтому для них было бы нелегко пристроить свое потомство, если бы их личинки развивались свободно. Приспособление этих двукрылых к паразитизму пошло по пути максимального использования животных как источника пищи. Самки, питаясь кровью, не только поддерживают собственную жизнь, но и обеспечивают пищей своих личинок. Яйца кровососок созревают в теле самки, и там же из них выводятся личинки. Пищей личинкам служат выделения специальных придаточных желез. Яйца в яичниках образуются поочередно, и поэтому самка выкармливает в каждый последующий период времени по одной личинке. Личинка на питательной пище быстро растет и покидает тело матери только затем, чтобы, забравшись в почву, сразу же окуклиться. Поэтому часто кровососок и некоторых других двукрылых, рождающих, готовых к окукливанию личинок, объединяют в группу «куклородных». В семействе кровососок насчитывается более 100 видов, многие из которых распространены на огромных территориях. Чаще всего их разносят во время перелетов птицы, так как именно на птицах паразитирует большинство видов этого семейства. Считают даже, что в процессе эволюции паразитические мухи-кровососки произошли от мух, первично развивавшихся в гниющих отбросах, накапливавшихся в гнездах птиц. При похолодании мухи в поисках тепла забирались в перьевой покров птиц и постепенно приспособились к жизни на птицах и к питанию их кровью. Затем круг их хозяев расширился и несколько видов семейства приспособились к паразитированию на млекопитающих. Иногда некоторые кровососки накапливаются в гнездах птиц в таком большом количестве, что вызывают гибель птенцов, как, например, кровососка *Crataerina pallida*, паразитирующая на стрижах. Когда стрижи на зимнее время покидают гнезда, то в них остаются пулории кровососок. Весной стрижи опять устраивают гнезда на прежнем месте, и вышедшие из пупариев взрослые кровососки легко находят свои жертвы. Весной с прилетом птиц кровососки вылупляются из яиц и пьют кровь из птенцов, бегая по ним как крабы-упыри.

Оса-полиста, оса-паразит, муха-паразит – вносят яйца в гусеницу. Личинки, вылупившись, съедают гусеницу заживо (Рисунок 5.5). Иногда от укусов личинок провоцируется набор гусеницей массы для лучшей кормежки паразитов. Если бы не существовало этих паразитов, то численность других насекомых росла бы без ограничений. Наличие паразитов приводит к балансу популяций в природе.



Рисунок 5.5 Живая кормушка личинок ос-паразитов



**Хищничество** - поедание одного организма (жертвы) другим организмом (хищником). Хищники могут поедать травоядных животных, и также слабых хищников. Хищники обладают широким спектром питания, легко переключаются с одной добычи на другую более доступную. Хищники часто нападают на слабые жертвы. Норка уничтожает больных и старых ондатр, а на взрослых особей не нападает. Посредством данного биотического фактора поддерживается экологическое равновесие между популяциями жертва-хищник.

Хищничество основано и развивается за счет:

- совершенствования погони. Погоня длится от нескольких секунд до нескольких часов (иногда несколько суток). Волки в основном питаются зайцами, но заяц развивает при беге скорость до 80 км\час, а волк только до 50 км\час. Таким образом, здоровый заяц легко уходит от погони. Жертвами волка становятся преимущественно больные животные, зазевавшиеся и зайчата. Стаей волки способны убить даже лося и бизона. Преимущественно они нападают на телят, но иногда их жертвами становятся взрослые особи, которых стае удалось оттеснить от стада. Преследование длится до полного изматывания жертвы. В процессе преследования волки отдыхают и сменяют друг друга. Измученное животное загрызают хватая за ноги и обездвигивая несколько волков сразу. Из 9 попыток удается только одна. В повседневной жизни бизоны волков не боятся и, похоже, знают когда начнется погоня и атака в борьбе за выживание.

В море марлин развивает скорость в погоне за рыбами до 80 км\час, акулы до 100 км\час. Олуши бросаются в воду со скоростью 120 км\час. Удар о воду при такой скорости сопоставим с ударом о бетон, но олуши имеют своеобразные воздушные подушки, смягчающие удар в области шеи.

Филиппинский долгопят весом до 120 граммов делает броски длиной в 3-4 метра в полной темноте настигая пищу. Для человека подобный прыжок сопоставим с длиной в 50 метров (!).

Сокол сапсан развивает скорость в полете до 400 км\час, преследуя голубей. Ареал обитания – Нью Йорк – небоскребы (!);

- совершенствования строения челюстей. В начале эволюции питание походило на постепенное поглощение (всасывание) жертвы. В последствии в море появились примитивные челюсти, которые образовались, видимо, из ближних жаберных щелей. Следующий этап - появление зубов. Данный этап дошел до своего совершенства при динозаврах. Тиранозавр-Рекс имел 160 зубов длиной до 30 см. Челюсти давят, режут, протыкают, клювы протыкают насквозь (вороны, марабу, цапли и др.), раздвижные челюсти заглатывают добычу значительно превышающую размеры хищника, режущие челюсти отхватывают куски мяса по 20 кг(!). Челюсти миноги приспособлены к всасыванию в плоть жертвы и высасыванию из нее крови в течение недели.

Рот артенарии и бородавчатки (Рисунок 5.6) способен за  $6 \times 10^{-3}$  секунды увеличиться в 10 раз.



Рисунок 5.6 - Бородавчатка

Самые сильные челюсти у млекопитающих у ягуара и гиены. Летучие мыши вампиры кусая, впрыскивают в кровь обезболивающее вещество, и насыщаются крови. Одновременно с этим они непрерывно писают, чтобы масса тела оставалась подъемной для крыльев. Сила сжатия челюстей крокодила составляет до 900 кг\см2.(!). Челюсти обезьян представляют серьезную опасность. Обезьяны поедают друг друга, птиц, мелких животных; челюсти акулы имеют пять рядов зубов (Рисунок 5.7), которые растут непрерывно сменяя друг друга.



Рисунок 5.7 - Челюсти акулы



Рисунок 5.8 - Кайман, проглоченный анакондой

Благодаря особому строению челюстей анаконда легко проглатывает каймана (Рисунок 5.8)

- использования ядов. Яды прошли целую эволюцию. Яды большинства животных выполняют три функции: убивают за счет токсинов, препятствуют свертыванию крови за счет антикоагулянтов, выполняют функцию предварительного переваривания пищи за счет пищеварительных энзимов. Иногда яды просто парализуют. Хищнику остается лишь высосать растворенную ядом плоть. Иногда яды используются для самозащиты даже от крупных животных. Так, волоски у тарантула обладают ядовитыми свойствами и способны вызвать аллергию у обезьян. Если обезьяна хватается тарантула (Рисунок 5.9), он сбрасывает свои волоски, и у обезьяны начинается сильнейшая аллергическая реакция, продолжающаяся несколько дней. После этого обезьяна не притрагивается к тарантулу;



Рисунок 5.9 –Тарантул



Рисунок 5.10 - Яд парализует, убивает, растворяет ткани, участвуя в процессе переваривания пищи

- совершенствования когтей (когти псовых, кошачьих – убирающиеся, когти хищных птиц) (Рисунок 5.11);



Рисунок 5.11- Коготь амурского тигра

- совершенствования способов охоты (групповая охота с четко разделенными функциями: расхождение участников охоты по засадам, пугание стада, выбор жертвы, преследование, коллективное убивание с распределенными ролями). Пираньи съедают птенцов, выпавших из гнезда за несколько минут. Дельфины стаями преследуют птиц и нападают на них даже на побережье. Касатки преследуя морских львов вылазят на берег, дожидаясь в последствии прилива. Охота осуществляется групповым методом. Одна отвлекает, другая, убрав плавник, хватает морского льва у самой воды. Акулам для такой охоты «не хватает ума».

### **Абиотические факторы:**

- климатические (свет, влага, давление, температура, движение воздуха);
- почвенные (состав, влагоемкость, плотность, воздухопроницаемость);
- орографические (рельеф, высота над уровнем моря, экспозиция склона);
- химические (составы газового воздуха, солевой состав воды, кислотность);

### **Абиотические факторы наземной среды.**

#### 1) Лучистая энергия солнца.

Солнечная энергия - основной источник энергии на Земле, основа существования живых организмов (процесс фотосинтеза).

Количество энергии у поверхности Земли  $-21^{10}$  кДж (солнечная постоянная) - на экваторе. Уменьшается к полюсам примерно в 2,5 раза. Также количество солнечной энергии зависит от периода года, продолжительности дня, прозрачности атмосферного воздуха (чем больше пыли, тем меньше солнечной энергии). На основе радиационного режима выделяют климатические пояса (тундра, леса, пустыни и т. д.) (солнечная радиация).

#### 2) Освещение.

Определяется годовой суммарной солнечной радиацией, географическими факторами (состояние атмосферы, характер рельефа и т. д.). Свет необходим для процесса фотосинтеза, определяет сроки цветения и плодоношения растений. Растения подразделяются на:

- светолюбивые - растения открытых, хорошо освещаемых мест.
- тенелюбивые - нижние ярусы лесов (зеленый мох, лишайник).
- теплолюбивые - хорошо растут на свету, но и переносят затенение. Легко подстраиваются под световой режим.

Для животных световой режим не является таким необходимым экологическим фактором, но он необходим для ориентации в пространстве. Поэтому различные животные имеют различную конструкцию глаз. У беспозвоночных - самая примитивная, у других - очень сложная. У постоянных обитателей пещер может отсутствовать. Гремучие змеи видят ИК часть спектра, поэтому охотятся ночью.

#### 3) Температура:

Один из важнейших абиотических факторов, прямо или косвенно влияющий на живые организмы. Температурой непосредственно влияет на жизнедеятельность растений и животных, определяя их активность и характер существования в конкретных ситуациях. Особенно заметное влияние оказывает  $t$  на фотосинтез, обмен веществ, потребление пищи, двигательную активность и размножение. Например, у картофеля максимальная продуктивность фотосинтеза при  $+20^{\circ}\text{C}$ , а при  $t = 48^{\circ}\text{C}$  полностью прекращается.

В зависимости от характера теплообмена с внешней средой организмы делятся:

- Организмы,  $t$  тела =  $t$  окр. среды, т.е. меняется в зависимости от  $t$  окр. среды, нет механизма терморегуляции (эффективного) (растения, рыбы, рептилии...). Растения понижают  $t$  за счет интенсивного испарения, при достаточном снабжении водой в пустыне - уменьшается  $t$  листьев на  $15^{\circ}\text{C}$ .

- Организмы с постоянной  $t$  тела (млекопитающие, птицы), более высокий уровень обмена веществ. Существует теплоизоляционный слой (мех, перья, жир),  $t = 36-40^{\circ}\text{C}$ .

- Организмы с постоянной  $t$  (еж, барсук, медведь), период активности - const  $t$  тела, зимняя спячка -значительно уменьшается (низкие потери энергии).

Выделяют организмы, способные переносить колебания  $t_0$  в широких пределах (лишайники, млекопитающие, северные птицы) и организмы, существующие только при определенных  $t^0$  (глубоководные организмы, водоросли полярных льдов).

#### 4) Влажность атмосферного воздуха.

Наиболее богаты влагой нижние слои атмосферы (до высоты 2 км), где концентрируется до 50% всей влаги, количество водяного пара, содержащегося в воздухе, зависит от  $t$  воздуха.

#### 5) Атмосферные осадки.

Это дождь, снег, град и т.д. Осадки определяют перемещение и распространение вредных веществ в окружающей среде. В общем кругообороте воды наиболее подвижны именно атмосферные осадки, т.к. объем влаги в атмосфере меняется 40 раз за год. Основными условиями возникновения осадков являются:  $t$  воздуха, движение воздуха, рельеф.

Существуют следующие зоны в распределении осадков по земной поверхности:

- Влажная экваториальная.

Осадков более 2000 мм/год, например, бассейны рек Амазонка, Конго. Максимальное количество осадков - 11684 мм/год - о. Кауан (Гавайские о-ва), 350 дней в году дождь. Здесь располагаются влажные экваториальные леса - самый богатый тип растительности (более 50 тысяч видов).

- Сухая зона тропического пояса.

Осадков менее 200 мм/год. Пустыня Сахара и т.д. Минимальное количество осадков - 0,8 мм/год - пустыня Атакама (Чили, Южная Америка).

- Влажная зона умеренных широт. Осадков более 500 мм/год. Лесная зона Европы и Северная Америка, Сибирь.
- Полярная область.

Незначительное количество осадков до 250 мм/год (низкая  $t$  воздуха, низкое испарение). Арктические пустыни с бедной растительностью.

#### 6) Газовый состав атмосферы.

Состав ее практически постоянен и включает: N -78%, O<sub>2</sub> -20,9%, CO<sub>2</sub>, аргон и другие газы, частицы воды, пыль.

#### 7) Движение воздушных масс (ветер).

Максимальная скорость ветра примерно 400 км/час - ураган (штат Нью-Гемпшир, США). Ветровой напор - направление ветра в сторону меньшего давления. Ветер переносит примеси в атмосфере.

#### 8) Давление атмосферы.

760 мм ртутного столба или 10 кПа.

#### **Абиотические факторы почвенного покрова.**

Почва - это поверхностный слой земной коры, который образуется и развивается в результате взаимодействия растений, животных, микроорганизмов, горных пород и является самостоятельной экосистемой.

Важнейшим свойством почвы является плодородие, т.е. способность обеспечивать рост и развитие растений. Это свойство представляет исключительную ценность для жизни человека и других организмов. Почва является составной частью биосферы и энергии в природе, поддерживает газовый состав атмосферы. Состав почвы: твердые частицы, жидкость (вода), газы (воздух-  $O_2$ ,  $CO_2$ ), растения, животные, микроорганизмы, гумус. Толщина почвы:

0,5м - тундра, горы;

1,5м - на равнинах (1 см почвы образуется примерно за 100 лет).

- **Физические свойства почвы:**

1. Механический состав - содержание частиц различного диаметра.
2. Плотность.
3. Теплоемкость, теплопроводность.
4. Влагоемкость, влагопроницаемость (у песка выше влагопроницаемость, у глины - влагоемкость).
5. Аэрация - способность насыщения почвы воздухом (рыхление почвы).

- **Химические свойства почвы:**

1. Химический состав:
  - до 50 %  $SiO$  – кремнезем
  - до 25 %  $AlO$  - глинозем
  - до 10 %- оксиды Fe
  - остальное - оксиды Ca, K, Mg, P и т.д.

2. Кислотность

Влияние кислотности на растения:

- Обитают на кислых почвах ( $pH < 6,7$ ) карликовая береза, хвощ, некоторые мхи
- Нейтральные ( $pH 6,7 - 7,0$ ) большинство культурных растений
- На щелочных почвах ( $pH > 7,0$ ) степные и пустынные растения (лебеда, полынь.)
- Могут расти на любой почве (ландыш, вьюн, земляника лесная)

3. Содержание вредных веществ (пестициды, тяжелые металлы и т.д.)

### **Абиотические факторы водной среды.**

- **Физические свойства:**

1. Плотность.

Плотность как экологический фактор определяет условия передвижения организмов, причем некоторые из них (головonoгие моллюски, ракообразные и т.д.), обитающие на больших глубинах, могут переносить давление до 400 - 500 атмосфер. Плотность воды также обеспечивает возможность опираться на нее, что особенно важно для бесскелетных форм (планктон).

2. Температура.

Изменение  $t^\circ$  в зависимости от глубины и колебания (суточные и сезонные). Температурный режим водоемов более устойчив, чем на суше, что связано с высокой теплоемкостью воды. Например, колебания  $t^\circ$  верхних слоев океана  $-10-15^\circ C$ , более глубокие слои  $3 -4^\circ C$ .

3. Световой режим.

Играет важную роль в распределении водных организмов. Водоросли в океане обитают в освещаемой зоне, чаще всего на глубине до 40 м, если прозрачность воды велика, то и до 200 м. У Багамских островов обнаружены водоросли на глубине 265 м, а туда



доходит всего  $5 \cdot 10^{-6}$  солнечной радиации. С глубиной меняется и окраска животных. Наиболее ярко и разнообразно окрашены обитатели мелководной части океана. В глубоководной зоне распространена красная окраска, здесь она воспринимается, как черный цвет, что позволяет животным скрываться от врагов. В наиболее глубоководных районах Мирового океана в качестве источника света организмы используют свет, испускаемый живыми существами (биолюминесценция).

4. Подвижность - постоянное перемещение водных масс в пространстве.
5. Прозрачность.

Зависит от содержания взвешенных частиц. Самое чистое - море Уэддела в Антарктиде, видимость 80м (прозрачность дистиллированной воды).

- Химические свойства:
  1. Соленость воды - содержание растворенных сульфатов, хлоридов, карбонатов. В океане 35 г/л солей. Черное море - 19 г/л. Пресноводные виды не могут обитать в морях, а морские - в реках. Однако, такие рыбы, как лосось, сельдь всю жизнь проводят в море, а для нереста поднимаются в реки.
  2. Количество растворенного  $O_2$  и  $CO_2$ .  $O_2$  - для дыхания.
  3. Кислая, нейтральная, щелочная среда.
- Значение pH водной среды (табл. 5.1)

Таблица. 5.1 - Значения pH и характер воздействия pH на пресноводных рыб

рН	Характер воздействия на пресноводных рыб
3,0 - 3,5	Гибельно для рыб; выживают некоторые растения и беспозвоночные
3,5 - 4,0	Гибельно для лососевых рыб; плотва, окунь, щука могут выжить после акклиматизации
4,0 - 4,5	Гибельно для многих рыб, размножается только щука
4,5 - 5,0	Опасно для икры лососевых рыб
5,0 - 9,0	Область, пригодная для жизни
9,0 - 9,5	Опасно для окуня и лососевых рыб в случае длительного воздействия
9,5 - 10,0	Вредно для развития некоторых видов, гибельно для лососевых при большой продолжительности воздействия
10,0 - 10,5	Переносится плотвой в течение очень короткого времени
10,5 - 11,5	Смертельно для всех рыб

### Толерантность организма к экологическим факторам. Закон лимитирующего фактора

**Толерантность** (от греческого толеранция - терпение) - способность организмов выдерживать изменения условий жизни (колебания температуры, влажности, света). Например, одни гибнут при температуре 50, а другие выдерживают кипячение. Или в разных условиях биологические процессы протекают с различной скоростью. Например, скорость роста многих растений зависит от концентрации различных веществ (воды,  $CO_2$ , ионов водорода)

Воздействие химического компонента абиотического фактора на живые организмы выражается в существовании некоторых верхних и нижних границ амплитуды допустимых колебаний отдельных факторов (температура, соленость, pH, газовый состав и др.), то есть определенный режим существования. Чем шире пределы какого-либо фактора, тем выше устойчивость, или, как ее называют, толерантность, данного организма.

**Закон минимума Либиха (бочка Либиха)** - закон, открытый Либихом (1840) (Рисунок 5.17), согласно которому относительное действие отдельного экологического фактора тем сильнее, чем больше он находится по сравнению с другими факторами в ми-

нимуме ; по данному закону, от вещества, концентрация которого лежит в минимуме, зависят рост растений, величина и устойчивость их урожайности. Закон минимума Либиха гласит: рост растения зависит от того элемента питания, который присутствует в минимальном количестве. В изобилии присутствуют двуокись углерода и вода, а потому они не являются факторами, ограничивающими рост. А вот цинка в почве очень мало, потребность растения в нем невелика, и рост растения будет успешен до тех пор, пока не будет израсходован весь его запас. Поэтому наличие цинка является ограничивающим, или лимитирующим фактором.

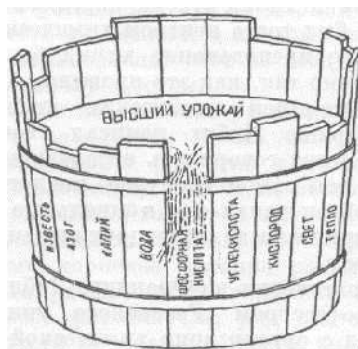


Рисунок 5.12 - Таким рисунком К. Л. Тимирязев пояснял «закон минимума» Ю. Либиха

Впоследствии было установлено, что воздействие какого-либо фактора на развитие происходит не только в области минимума, но и в области максимума. Данное положение было открыто американским биологом В. Шелфордом и в последствии получило наименование закона толерантности или закона Шелфорда.

Зависимость биологической активности организмов от интенсивности действия экологических факторов может быть изображена графически в виде кривой толерантности (рисунок 5.13). Q - Биологическая активность.

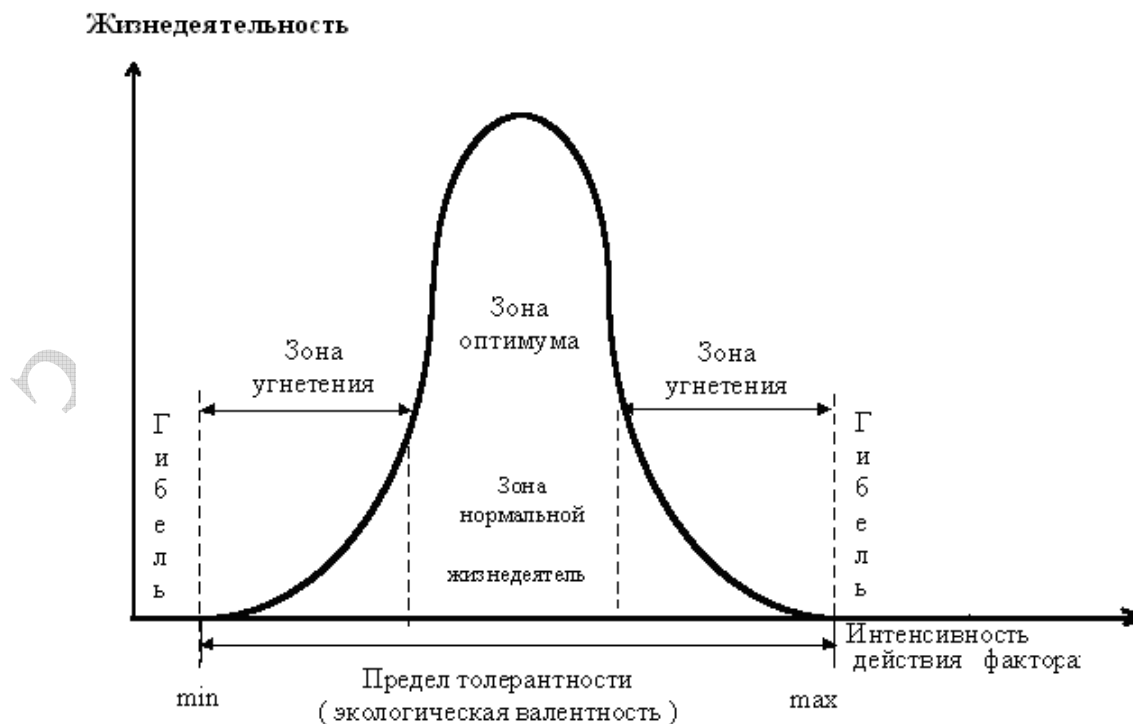


Рисунок 5.13 – Кривая толерантности

**Закон толерантности Шелфорда** (Рисунок 5.18)- закон, согласно которому существование вида определяется лимитирующими факторами, находящимися не только в минимуме, но и в максимуме. Закон толерантности расширяет закон минимума Либиха. Формулировка: "лимитирующим фактором процветания организма может быть как минимум, так и максимум экологического влияния, диапазон между которыми определяет степень выносливости (толерантности) организма к данному фактору". Закон толерантности дополняют положения американского эколога Ю. Одумса:

- организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий диапазон в отношении другого;
- в организмы с широким диапазоном толерантности в отношении всех экологических факторов обычно наиболее распространены;
- диапазон толерантности может сузиться и в отношении других экологических факторов, если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для организма;
- многие факторы среды становятся ограничивающими (лимитирующими) в особо важные (критические) периоды жизни организмов, особенно в период размножения.
- оптимальные значения экологических факторов для организмов в природе и в лабораторных условиях (в силу существенной их изоляции), зачастую, оказываются различными (гипотеза компенсации экологических факторов); что тесно связано с различием фундаментальной и реализованной экологической ниши;

#### **Диапазон толерантности**

Чтобы выразить относительную степень толерантности, в экологии используют приставки стено- (от греч. stenos -узкий, тесный) и эври- (от греч. eurys - широкий), поли- (от греч. polys - многий, многочисленный) и олиго- (от греч. oligos - немногий, незначительный). Организмы с широким диапазоном толерантности обозначают приставкой "Эври". Эврибионт - организм, способный жить при различных условиях среды. Например: эвритермный - переносящий широкие колебания температуры. С узким диапазоном - обозначают приставкой "Стено". Стенобионт - организм, требующий строго определённых условий среды. Например: форель - стенотермный вид, а окунь - эвритермный. Форель не выносит большие колебания температуры, если исчезнут все деревья по берегам горного потока, это приведет к повышению температуры на несколько градусов, в результате чего форель погибнет, а окунь выживет.

#### **Адаптация организма**

первичные - это те факторы, которые существовали на земле еще до возникновения жизни: температура, освещенность, приливы, отливы и др. адаптация организмов к этим факторам наиболее древняя и наиболее совершенная.

вторичные периодические факторы являются следствием изменения первичных: влажность воздуха, зависящая от температуры; растительная пища, зависящая от цикличности в развитии растений; ряд биотических факторов внутривидового влияния и др. они возникли позднее первичных и адаптация к ним не всегда четко выражена.

Различают три основных **пути адаптации** к неблагоприятным условиям среды:

**активный** - активная перестройка функций организма (например, возникновение теплокровности, а по-научному - гомойотермности);

**пассивный** - пассивное подчинение функций организма изменениям внешней среды (например, холоднокровные, или пойкилотермные, животные);

**избегание** - избегание неблагоприятных условий (таксисы у растений, миграция у животных, выработка циклов развития у животных и растений).

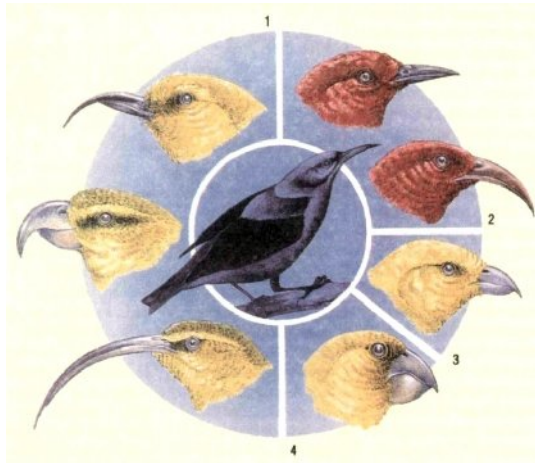


Рисунок 5.14 - Пример адаптации клюва для добывания пищи



Рисунок 5.15 - Щенок тюленя рождается при +30 градусах Цельсия и сразу попадает в температуру -30

Адаптации возникают **в ответ на конкретную экологическую задачу**. В силу этого они всегда относительны. Относительность адаптации заключается в ограниченности их приспособительного значения определенными условиями обитания. Так, приспособительная ценность пигментированности бабочек березовых пядениц по сравнению со светлыми формами очевидна лишь на закопченных стволах деревьев. Приведенный пример показывает также, что о степени адаптивности признака можно судить, лишь сравнив два его разных состояния.



Рисунок 5.16 - Адаптация крыльев бабочек

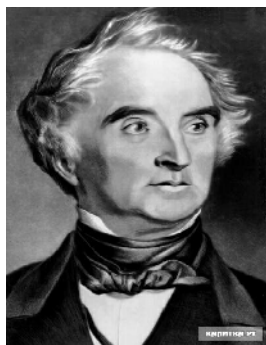


Рисунок 5.17- Юстус Либих (1803—1873)

**Дата рождения:** 12 мая 1803

**Место рождения:** Дармштадт, ландграфство Гессен-Дармштадт

**Дата смерти:** 18 апреля 1873 (69 лет)

**Место смерти:** Мюнхен, Германская империя

**Место работы:** Мюнхенский университет

**Научный руководитель:** Жозеф-Луи Гей-Люссак

**Знаменитые ученики:** Николай Зинин, Павел Ильенков

В Дармштадте ему поставлен памятник в 1887 г.; в Гиссене в 1890 г. и ещё ранее, в 1883 г., немецкое химическое общество воздвигло ему памятник на Максимилиановской площади в Мюнхене. Усовершенствовал аппарат для сжигания органических соединений (печь Либиха) и улучшил метод анализа; исследовал почти все важнейшие органические кислоты; изучил продукты разложения спирта хлором, продукты окисления алкоголя и сверх того составные части жидкостей мяса. С Велером Либих предпринял исследование циановой и мочевой кислот, радикала бензойной кислоты и масла горьких миндалей.



Рисунок 5.18 - Шелфорд Виктор Эрнст (англ. Shelford Victor Ernest; 22 сентября 1877, Чемунг, Нью-Йорк — 27 декабря 1968)

Американский зоолог, специалист в области экологии, главным образом водных организмов. Занимался эколого-физиологической биогеографией животных. Ввел в биогеографию ландшафтно-биономическую трактовку понятия «биом», обозначающего природную зону со специфическими растительным и животным населением. Помимо гидро-биологических исследований, изучал взаимодействие организмов в наземных сообществах, влияние климата на сообщества, сукцессии. Занимался классификацией смешанных сообществ. Первый описал природу Северной Америки с экологической точки зрения.

**Юджин Одум** (англ. Eugene Odum) (17 сентября 1913, Нью-Порт Нью-Гэмпшир, США—10 августа 2002, Афины, Джорджия, США) — известный американский эколог и зоолог, автор классического труда «Экология», который до сих пор являются одним из лучших в мире трудом по теории экологии.

## 6 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША

Экологическая ниша (Ecological niche От фр.Niche - гнездо) - место в биогеоценозе, которое занимает вид, не конкурируя с другими видами за источник энергии (Рисунок 6.1). Экологическая ниша есть совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе. Обычно экологические ниши заняты одним видом.

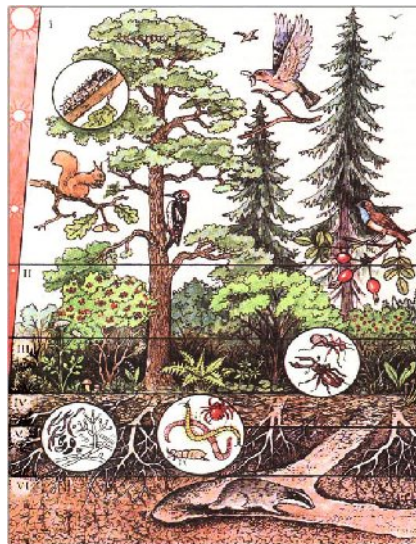


Рисунок 6.1 - Экологические ярусные ниши

В структуре экологической ниши выделяют 3 составляющие:

1. Пространственная ниша (место обитания) - "адрес" организма (Рисунок 6.2,2а);



Рисунок 6.2 - Места обитания серого гуся





Рисунок 6.2a - Места обитания сома в реках

2. Трофическая ниша - характерные особенности питания и роль вида в сообществе - "профессия" (Рисунок 6.3);

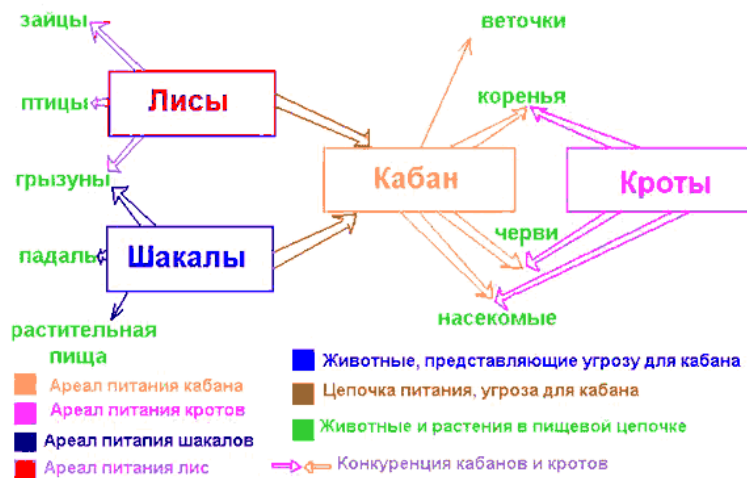


Рисунок 6.3 - Трофическая ниша кабана

3. Многомерная (гиперпространственная) экологическая ниша - диапазон всех условий, при которых живет и воспроизводит себя популяция (Рисунок 6.4).

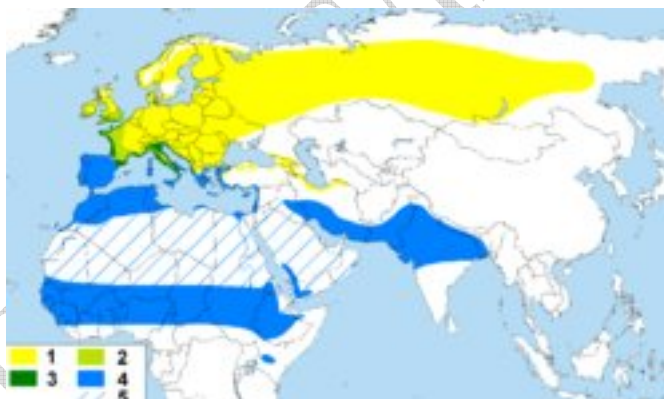


Рисунок 6.4 - Гиперпространственная ниша обитания печочки

Гнездовой ареал, перелётный вид Гнездовой ареал, частично перелётный вид Гнездовой и зимний ареал Зимний ареал

**Правило обязательности заполнения экологической ниши:**

Пустующая экологическая ниша всегда и обязательно бывает естественно заполнена.

**В насыщенных биогеоценозах жизненные ресурсы используются наиболее полно - в них все экологические ниши заняты. В ненасыщенных биогеоценозах жизненные ресурсы утилизируются частично, для них характерно наличие свободных экологических ниш.**

**Экологическое дублирование** - занятие освободившейся экологической ниши другим видом, способным выполнять в сообществе те же функции, что и исчезнувший вид. Из этого следует, что зная распределение видов по экологической нише в сообществе и параметры каждой экологической ниши, можно заранее описать вид, который сможет занять ту или иную нишу в случае ее освобождения.

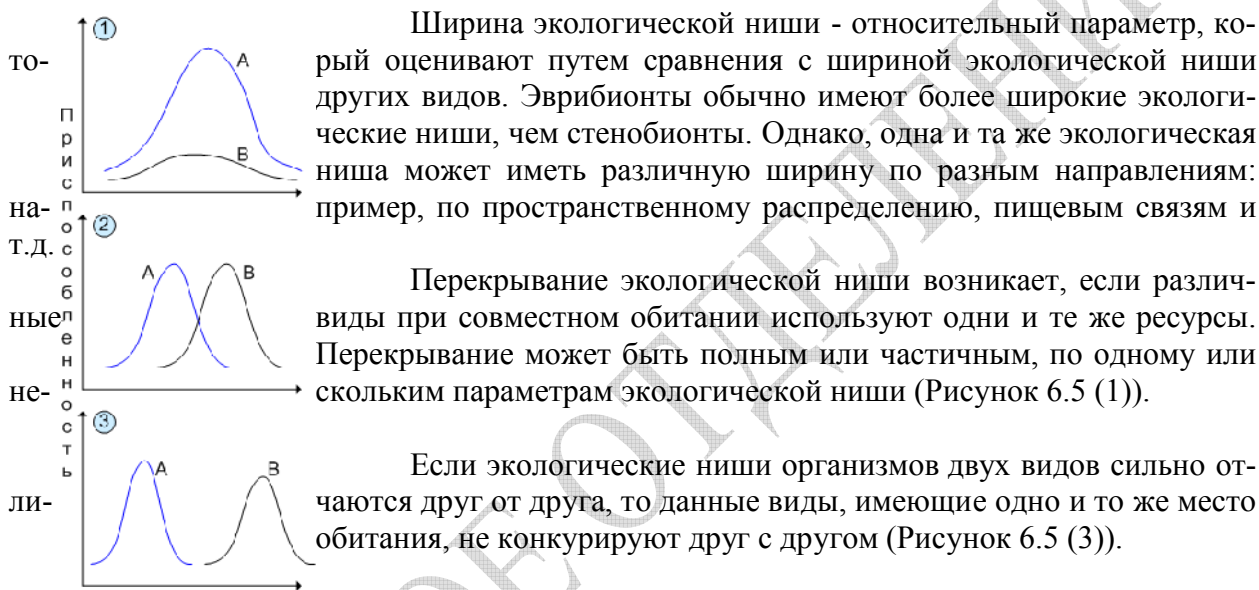
**Экологическая диверсификация** - явление разделения экологической ниши в результате межвидовой конкуренции. Осуществляется по трем параметрам:

- по пространственному размещению
- по пищевому рациону
- по распределению активности во времени.

Вследствие диверсификации происходит смещение признаков - особи двух близких видов более сходны между собой в тех частях ареалов, где встречаются по отдельности, чем на участках совместного проживания.

**Характеристики экологической ниши:**

1. Ширина
2. Перекрытие данной ниши с соседними



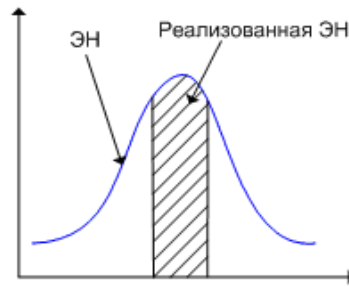
Ширина экологической ниши - относительный параметр, который оценивают путем сравнения с шириной экологической ниши других видов. Эврибионты обычно имеют более широкие экологические ниши, чем стенобионты. Однако, одна и та же экологическая ниша может иметь различную ширину по разным направлениям: пример, по пространственному распределению, пищевым связям и

Перекрытие экологической ниши возникает, если различные виды при совместном обитании используют одни и те же ресурсы. Перекрытие может быть полным или частичным, по одному или нескольким параметрам экологической ниши (Рисунок 6.5 (1)).

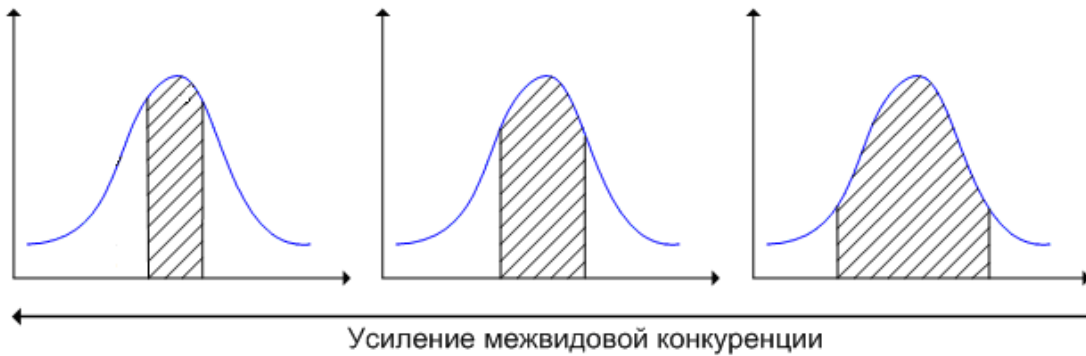
Если экологические ниши организмов двух видов сильно отличаются друг от друга, то данные виды, имеющие одно и то же место обитания, не конкурируют друг с другом (Рисунок 6.5 (3)).

Рисунок 6.5 - Ниши двух видов

Если экологические ниши частично перекрываются (Рисунок 6.5(2)), то их совместное сосуществование будет возможно благодаря наличию у каждого вида специфических приспособлений. Если экологическая ниша одного вида включает в себя экологическую нишу другого, то возникает интенсивная конкуренция, доминирующий конкурент вытеснит своего соперника на периферию зоны приспособленности. Конкуренция приводит к важным экологическим последствиям. В природе особи каждого вида одновременно подвергаются межвидовой и внутривидовой конкуренции. Межвидовая по своим последствиям противоположна внутривидовой, так как она сужает площадь местообитаний и количество и качество необходимых ресурсов среды. Внутривидовая конкуренция способствует территориальному распространению видов, то есть расширению ниши. Межвидовая конкуренция наоборот приводит к сужению экологической ниши. В результате этих процессов возникает реализованная ниша (Рисунок 6.6). Конечный результат - соотношение межвидовой и внутривидовой конкуренции. Если межвидовая конкуренция больше, то ареал данного вида уменьшается до территории с оптимальными условиями и одновременно увеличивается специализация вида.



Усиление межвидовой конкуренции приводит к сужению реализованной экологической ниши



Усиление внутривидовой конкуренции приводит к расширению реализованной экологической ниши

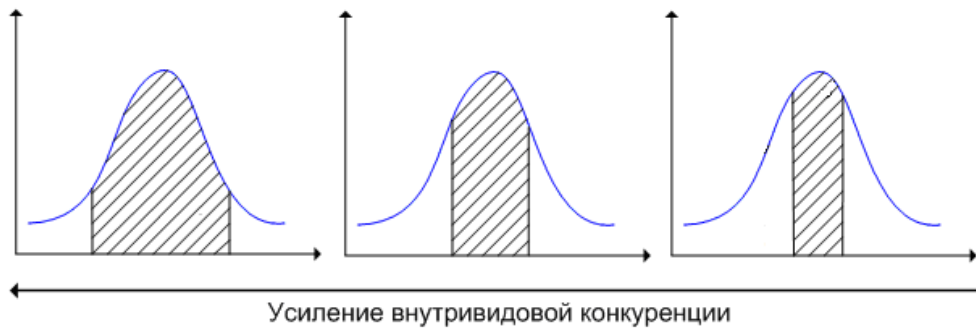


Рисунок 6.6 - Реализованная ниша и влияния на нее

**Адаптация** - это процесс приспособления живых организмов к определённым условиям внешней среды в занимаемой им нише.

Существуют следующие виды адаптации:

1. Адаптация к **климатическим и другим абиотическим факторам** (чистая шерсть, перелёт птиц на юг, зимняя спячка у медведей, опадение листьев, холодостойкость хвойных деревьев).
2. Адаптация к **добыванию пищи и воды** (у жирафа - длинная шея, чтобы есть листья с деревьев, паук плетёт сеть, хищники - быстро бегают, длинные корни растений в пустыне).
3. Адаптация, **направленная на защиту от хищников и устойчивость к заболеваниям и паразитам** (заяц - быстрый бег, ёж - иглы, заяц - окраска и т.д.).
4. Адаптация, обеспечивающая **поиск и привлечение партнёра** у животных и опыление у растений (яркое оперение, пение, запах, яркий цвет у цветков).
5. Адаптация к миграциям у животных и распространение семян у растений (перелёт птиц, стада лошадей, крылья у семян для переноса ветром, колючки у семян и т.п.).

**При изменении любого абиотического или биотического фактора вид ожидает один из трёх путей:**

1. Миграция - часть популяции может найти новое местообитание с подходящими условиями и продолжить там своё существование (Рисунок 6.7).



Рисунок 6.7 - Миграция жаб



Рисунок 6.7a - Миграция красных крабов

В популяциях большинства видов животных, ведущих оседлый образ жизни в пределах весьма ограниченного участка обитания, всегда присутствует некоторая доля не имеющих постоянного места жительства, чрезвычайно подвижных особей — так называемых внутривидовых мигрантов, большую часть которых составляют неполовозрелые особи. Сурки, суслики, песчанки, разнообразные мышевидные грызуны, землеройки, едва перейдя к самостоятельному образу жизни, покидают родительский участок и отправляются в полный опасностей путь на поиски свободных территорий. Иногда, впрочем, в когорту мигрантов переходят и взрослые зверьки. И пусть лишенные знакомых ориентиров и укрытий мигранты первыми становятся жертвами хищников и во множестве гибнут при резком ухудшении погодных условий, жертвы эти оправданны, поскольку подобные миграции предотвращают перенаселение и снижают внутривидовую конкуренцию. Именно из-за наличия внутривидовых мигрантов оказались обречены на неудачу многочисленные попытки с помощью массовых истребительных мероприятий раз и навсегда покончить с поселениями грызунов — распространителей природных очагов чумы и туляремии, а также избавиться от засилья крыс и мышей в жилых постройках и складах.

Главными причинами таких спорадических миграций является резкое ухудшение условий жизни вследствие бескормицы, засух, пожаров, наводнений, происходящих на фоне высокой численности животных.

Особую известность приобрели миграции саранчи. Особую опасность представляют залеты итальянского пруса, азиатской и мароккской саранчи, которые создают большую угрозу для сельскохозяйственных угодий. Весьма примечательно, что перед миграцией меняется не только поведение, но и внешний вид насекомых, что свидетельствует о выработке специфического гормона, обеспечивающего изменение внешнего вида саранчи и успешность миграции. Причем изменения нарастают настолько резко, что долгое время стадную и одиночную формы одного и того же вида саранчи энтомологи относили к разным видам. Например, азиатская саранча на стадии низкой численности ведет одиночный образ жизни, личинки ее окрашены в зеленоватый или желтоватый цвет и в профиль выглядят несколько «сутулыми». Но если личинок вышло много, а из-за засухи возник дефицит кормов, они концентрируются в сохранившихся влажных местах. После очередной линьки на их теле появляются яркие черные и рыжие пятна, спина распрямляется, насекомые приобретают «строевую осанку», под стать которой начинают перемещаться в поисках кормных мест не вразнобой, а плотными колоннами — **кулигами**. Уже на этой стадии саранча наносит серьезный урон встретившимся на ее пути посевам и пастбищам, потому что личинки неимоверно прожорливы, а площади, которые занимают скопления саранчи, могут занимать тысячи гектаров. Но главная беда приходит, когда личинки превращаются в чрезвычайно выносливых взрослых насекомых с хорошо развитыми крыльями и стаи их взлетают в воздух, чтобы обрушиться на поля и огороды в сотнях километров от места вылета. В 1889 году в журнале «Природа» было опубликовано сообщение натуралиста Каррутерса, наблюдавшего грандиозное явление миграции саранчи из Сахары в Аравию. Эта туча, на целый день затмившая Солнце, занимала, по оценке Каррутерса, территорию площадью 6000 км<sup>2</sup> и весила около 44 млн. тонн.

Подобные случаи происходят и в настоящее время, в том числе на территориях бывшего СССР. По масштабности и численности стай случай массовой миграции саранчи в северо-восточном регионе Казахстана в 1999 году следует считать одним из крупнейших за последние 50 лет. Общая площадь залета саранчи занимала свыше 400 тыс. км<sup>2</sup>, а дальность составляла около 700-750 км. По предварительным расчетам мигрирующие стаи насчитывают порядка 6000 млрд особей, а их общая биомасса равнялась 3,5 млн тонн.

Интересный случай был зафиксирован в 2004 году. Саранча из Египта «ударила» по Израилю. Через границу прорвалась стая длиной десять километров. Тучи насекомых объедали листья пальмовых деревьев и уничтожали сады и посева. Но израильтяне достойно встретили агрессора. Срочно разработали, изготовили и передали местным кибуцам специальное оборудование, комплект которого позволяет перерабатывать и консервировать до нескольких десятков тонн саранчи в сутки. Кибуцы умело наладили... экспорт консервированной саранчи в страны Юго-восточной Азии и Ближнего востока (там специально приготовленную саранчу считают деликатесом, она имеет огромный спрос).

Как свидетельствует многолетний международный опыт, контроль и эффективное решение проблемы саранчовых, возможны только при создании специализированных учреждений. Одно из них – Лондонский центр борьбы с саранчой, – создано в начале XX века благодаря усилиям выдающегося ученого Б. Уварова – эта ведущая организация теперь носит имя нашего соотечественника.





Рисунок 6.7б - Саранча атакует посевы

2.Адаптация - в генофонде могут присутствовать гены, которые позволят некоторым особям выжить в новых условиях и восстановить потомство. Через несколько поколений под действием естественного отбора возникнет популяция, хорошо приспособившаяся к новым условиям.

3.Вымирание - если ни одна пара особей не может мигрировать, спасаясь от воздействия неблагоприятных факторов, а те выходят за пределы устойчивости всех индивидов, то популяция исчезнет (динозавры) (Рисунок 6.8).



Рисунок 6.8а - Массовая гибель рыбы





Рисунок 6.8б - Берелехское кладбище мамонтов



Рисунок 6.8в - Массовая гибель китов

Это означает, что в разные периоды истории Земля была населена разными существами. Ни одному виду не гарантировано выживание. Ископаемые остатки свидетельствуют, что виды появляются, распространяются, дают начало другим видам и в большинстве случаев вымирают. По мере изменения условий существования, некоторые виды адаптируются и преобразуются, а другие вымирают. Что же определяет их судьбу? Выживание вида обеспечивается его генетическим разнообразием и слабыми колебаниями внешних условий.

Если **генофонд очень разнообразен**, даже при сильных изменениях среды некоторые особи сумеют выжить. При низком разнообразии генофонда, наоборот, малейшее изменение среды может привести к вымиранию вида, поскольку генов, позволяющих особям противостоять отрицательному воздействию не найдётся.

Если **изменения малозаметны и/или происходят постепенно**, большинство видов сумеет приспособиться и выжить. Возможны такие катастрофические изменения (резкий перепад температуры, концентрации кислорода, уменьшение солнечной радиации, засуха), что не выживет ни один вид.

На выживание также влияет **географическое распространение**. Чем шире распространён вид, тем, как правило, выше его генетическое разнообразие и наоборот. Кроме того, при обширном ареале некоторые его участки могут быть удалены или изолированы от районов, где нарушались условия существования, в них вид сохранится, даже если исчезнет из других мест.

Если в новых условиях часть особей выжила, то восстановление популяции и дальнейшая **адаптация будут зависеть от скорости воспроизведения**, поскольку изменение признаков происходит только путём отбора в каждом поколении.

**Закон Гаузе (Принцип конкурентного исключения)**



Рисунок 6.9 - Гаузе Георгий Францевич (1910-1986),

Гаузе Георгий Францевич (1910-1986) (Рисунок 6.9), российский микробиолог, один из основателей теоретической и экспериментальной экологии, академик АМН СССР (1971). Основные труды посвящены изучению антибиотиков и выяснению механизмов их действия. Совместно с женой М. Г. Бражниковой выделил (1942) антибиотик из группы грамицидинов, внедренный в промышленное производство. На основании экспериментальных работ с простейшими и микроорганизмами сформулировал т. н. принцип конкурентного исключения, согласно которому два вида, занимающие одну экологическую нишу, не могут сосуществовать неограниченно долго. Государственная премия СССР (1946).

Принцип исключения Гаузе - в экологии - закон, согласно которому два вида не могут существовать в одной и той же местности, если они занимают одну и ту же экологическую нишу. В связи с этим принципом при ограниченности возможностей пространственно-временного разобщения один из видов вырабатывает новую экологическую нишу или исчезает. Гаузе изучал конкуренцию между двумя видами инфузорий. В результате установил, что при изолированном содержании численность каждого вида инфузорий увеличивается до тех пор, пока не достигнет максимума (Рисунок 6.10).

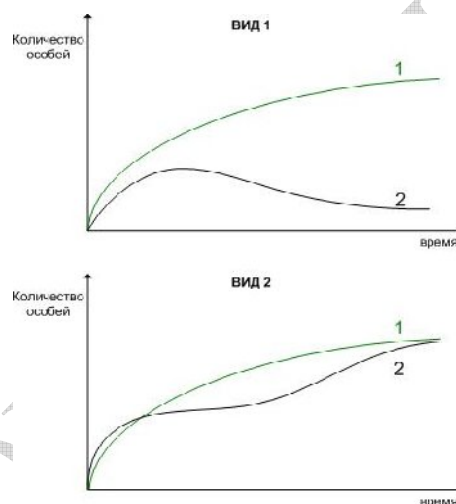


Рисунок 6.10 - Принцип Гаузе у простейших: 1 - изменение количества особей в изолированной культуре; 2 - в смешанной культуре

В смешанной культуре оба вида ведут себя по-разному; популяция вида 1 возрастает, но значительно медленнее, чем в изолированной культуре, достигает максимума и начинает сокращаться. Популяция вида 2 изменяет скорость своего роста незначительно. Таким образом, популяция вида 2 в смешанной культуре растет быстрее и ограничивает численность популяции вида 1, поэтому при неизменности внешних условий со временем происходит вымирание первой популяции. Это явление - **конкурентное исключение**.



Рисунок 6.10а - Распределение бактерий одного вида по различным нишам

**Принцип конкурентного исключения содержит два общих положения, относящихся к симпатрическим видам:**

(СИМПАТРИЧЕСКОЕ видообразование (от греч. *syn* - вместе и *patris* - родина) - способ видообразования в процессе эволюции, при котором новые виды организмов происходят от родственных групп с сильно перекрывающимися или совпадающими ареалами, т. е. отсутствует географическая изоляция. Симпатрическое видообразование возможно в случаях, когда две формы, сосуществуя в пределах общего ареала или его части, не смешиваются.)

1) если два вида занимают одну и ту же экологическую нишу, то почти наверняка один из них превосходит другой в этой нише и в конце концов вытеснит менее приспособленный вид. Или - «сосуществование между полными конкурентами невозможно».

2) если два вида сосуществуют в состоянии устойчивого равновесия, то они должны быть экологически дифференцированы, с тем чтобы они могли занимать различные ниши.

#### **Замещение видов**

Межвидовая конкуренция может приводить к различным конечным результатам. Один из них — замещение видов. Межвидовой отбор (или видовой отбор) — это увеличение численности и усиление экологического доминирования одного вида по сравнению с другим экологически сходным видом. Межвидовая конкуренция ведет к межвидовому отбору, при котором один вид обладает каким-либо присущим ему конкурентным преимуществом перед другим симпатрическим видом.

#### **Сосуществование видов**

Полное замещение одного вида другим — не единственный результат межвидовой конкуренции, о чем свидетельствует часто наблюдаемое в природе сосуществование близких видов со сходными экологическими потребностями. Существует ряд ситуаций, в которых полное замещение невозможно. Четыре из них приведены ниже.

1. Замещение одного вида другим — длительный процесс. Поэтому следует ожидать, что, производя наблюдения в любой данный момент времени, мы обнаружим несколько пар конкурирующих видов, находящихся на стадии незавершенного замещения. По существующим оценкам число фитопланктонных видов в некоторых озерах больше, чем число ниш для такого планктона. Это превышающее ожидания разнообразие видов объясняется, возможно, тем, что межвидовая конкуренция ещё не завершилась.

2. Экологически сходные виды могут сосуществовать, никогда не достигая стадии прямой межвидовой конкуренции. Так будет обстоять дело в том случае, если численность этих видов сдерживается каким-то другим фактором, а не прямой конкуренцией.

Численность популяций растительноядных животных в природных сообществах нередко удерживается на низком уровне хищниками и, следовательно, хищничество служит препятствием к тому, чтобы межвидовая конкуренция за пищу между растительноядными превратилась в важный фактор, оказывающий влияние на сосуществование этих последних.

3. Условия среды могут обратимо изменяться в период действия межвидового отбора, в результате чего на одной стадии селективным преимуществом обладает вид А, а на другой — вид В. В таком случае эти два вида будут сосуществовать в условиях циклического равновесия. В некоторых временных водоемах обитают совместно разные зеленые водоросли, относящиеся к родам *Naematococcus*, *Chlamydomonas*, *Scenedesmus* и *Chlorella*. Для представителей *Naematococcus* благоприятны условия, создающиеся при пересыхании водоема, а для остальных водорослей — стоячая вода. При частой смене пересыхания и

наполнения водоема сосуществование этих противоположных по своим предпочтениям зеленых водорослей может продолжаться бесконечно долго.

4. Очень важное значение в природных условиях имеет ситуация, при которой окружающая среда неоднородна, различаясь в разных своих участках по некоторому критическому фактору. При этом вид А может превосходить вид В в одном участке среды, а вид В — обладать преимуществом в другом её участке; в такой ситуации виды А и В могут сосуществовать, обитая частично или главным образом в предпочитаемом каждым из них участке среды.

#### **Понятие о емкости экологической ниши, антропогенные воздействия на нишу.**

Всемирно известной математической моделью, в основу которой положена задача о динамике численности популяции и емкости экологической ниши, является классическая модель неограниченного роста - геометрическая прогрессия в дискретном представлении,

$$A_{n+1} = qA_n$$

или экспонента, - в непрерывном

$$\frac{dx}{dt} = rx$$

Модель предложена Мальтусом в 1798 г. в его классическом труде "О росте народонаселения". Томас Роберт Мальтус (1766-1834) (Рисунок 6.13) известный английский демограф и экономист, обратил внимание на тот факт, что численность популяции растет по экспоненте (или в геометрической прогрессии), в то время как производство продуктов питания растет со временем линейно (в арифметической прогрессии), из чего сделал справедливый вывод, что рано или поздно экспонента обязательно "обгонит" линейную функцию, и наступит голод. Данная модель не подтвердилась, но теория Мальтуса получила большую популярность и распространённость.

#### **Ограниченный рост**

Впервые системный фактор, ограничивающий рост популяции, описал Ферхюльст в уравнении логистического роста в 1848 году (Рисунок 6.11):

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K}\right)$$

Это уравнение обладает двумя важными свойствами. При малых  $x$  численность  $x$  возрастает экспоненциально (как в уравнении 2) при больших - приближается к определенному пределу  $K$ . Эта величина, называемая **емкостью популяции**, определяется ограниченностью пищевых ресурсов, мест для гнездования, многими другими факторами, которые могут быть различными для разных видов. Таким образом емкость экологической ниши представляет собой системный фактор, который определяет ограниченность роста популяции в данном ареале обитания.

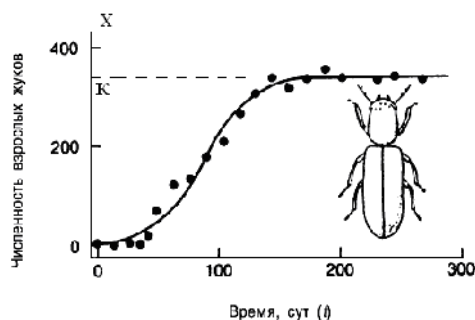


Рисунок 6.11- Ограниченный рост популяции

### АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЖИВОЕ

Антропогенные факторы, т.е. результаты деятельности человека, приводящие к изменению среды обитания можно рассматривать на уровне региона, страны или глобальном уровне. Антропогенное загрязнение атмосферы приводит к глобальному изменению. Загрязнения атмосферы поступают в виде аэрозолей и газообразных веществ. Существует три вида загрязнения водной среды: физическое (прежде всего тепловое), химическое и биологическое.

Результаты антропогенного воздействия:

1. Изменение климата (геофизики) Земли на основе усиления тепличного эффекта, выбросов метана и других газов, аэрозолей, радиоактивных газов, изменения концентрации озона.
2. Ослабление озонового экрана, образование большой «озоновой дыры» над Антарктидой и «малых дыр» в других регионах.
3. Загрязнение ближайшего космического пространства и его замусоривание.
4. Загрязнение атмосферы ядовитыми и вредными веществами с последующим выпадением кислотных дождей и разрушением озонового слоя, в котором участвуют фреоны,  $\text{NO}_2$ , водяные пары и другие газовые примеси.
5. Загрязнение океана, захоронение в нем ядовитых и радиоактивных веществ, насыщение его вод углекислым газом из атмосферы, загрязнение нефтепродуктами, тяжелыми металлами, сложноорганическими соединениями, разрыв нормальной экологической связи между океаном и водами суши из-за строительства плотин и других гидросооружений.
6. Истощение и загрязнение поверхностных вод суши и подземных вод, нарушение баланса между поверхностными и подземными водами.
7. Радиоактивное загрязнение локальных участков и некоторых регионов, в связи с чернойбыльской аварией, эксплуатацией атомных устройств и атомными испытаниями.
8. Продолжающееся накопление на поверхности суши ядовитых и радиоактивных веществ, бытового мусора и промышленных отходов (особенно неразлагающихся пластмасс), возникновение в них вторичных химических реакций с образованием токсичных веществ.
9. Опустынивание планеты, расширение уже существующих пустынь и углубление самого процесса опустынивания.
10. Сокращение площадей тропических и северных лесов, ведущее к уменьшению количества кислорода и исчезновению видов животных и растений.
11. Нарушение регионального и глобального экологического равновесия в результате вышеперечисленных процессов, вследствие чего возникают незаполненные экологические ниши, которые заполняются нежелательными организмами — вредителями, паразитами, возбудителями новых болезней растений, животных и человека. Вероятно, так возник и распространяется вирус иммунодефицита человека — ВИЧ, вызывающий неизлечимое заболевание — СПИД, и возбудители лейкозов скота и коровьего бешенства.

12. Абсолютное перенаселение Земли (Рисунок 6.12) и относительное региональное демографическое переуплотнение.

13. Ухудшение среды жизни в городах и сельской местности, увеличение шумового загрязнения, стрессов, загрязнение воздуха и почв, зрительная агрессия высотных домов и самого антропогенного ландшафта, напряжение темпа жизни в городе и потеря социальных связей между людьми, возникновение «психологической усталости». Поскольку человечество в современном мире стало глобально целостным физически, политически и экономически, но не социально, сохраняется угроза военных конфликтов, которые усугубляют экологические проблемы. Например, кризис в Персидском заливе показал, что страны готовы забыть о глобальных угрозах экологических катастроф при решении частных проблем.

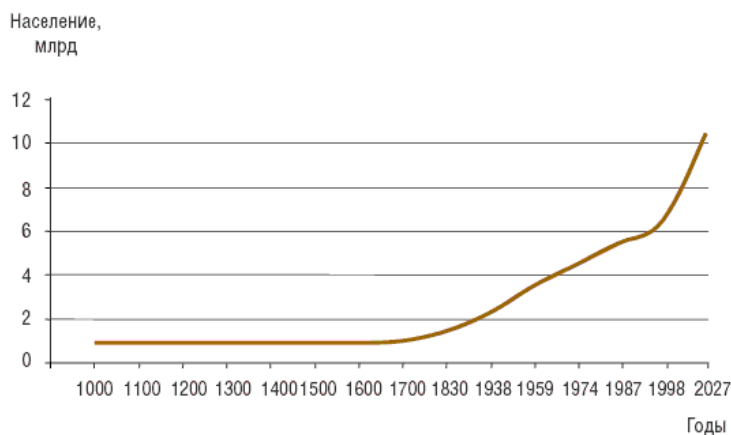


Рисунок 6.12 - Рост населения Земли

В наше время последствия антропогенного воздействия на географическую среду многообразны и не все они контролируются человеком, многие из них проявляются позже.

Воздействие загрязнений на экологическую нишу приводит:

- Изменению численности популяции, вследствие смерти части особей;
- Изменение (уменьшение) численности здоровых особей;
- Возникновение мутаций у части особей;
- Нарушение трофических цепей в биогеоценозе, вследствие уменьшения численности популяции;
- Уменьшению ареала обитания;
- Захвату ареала другими видами;
- Возникновение (возможное) новых видов, устойчивых к загрязнению;
- Постепенное восстановление баланса в биогеоценозе, при однократном загрязнении;
- Полное уничтожение вида, при систематическом загрязнении.





Рисунок 6.13-Томас Роберт Мальтус (1766-1834)

Томас Мальтус родился 13 февраля 1766 года в имении Рукери, Доркинг (английское графство Суррей), близ города Гилдфорд, в состоятельной дворянской семье. После окончания колледжа некоторое время был в нем членом совета и адъюнкт-профессором. В 1788 году он был посвящён в духовный сан англиканской церкви. В 1796 он стал священником в городке Олбери (Суррей), в Англии тех лет это означало всего лишь государственную должность со скромной зарплатой и не особо обременительными обязанностями. Однако Мальтус, всегда тяготевший к науке, с 1793 г. стал одновременно преподавать в колледже. При этом все свое свободное время он целиком посвящал исследованию проблемы взаимосвязи экономических процессов с природными явлениями. В 1798 г. появилась анонимно опубликованная книга под названием "Опыт о законе народонаселения". Ее автором оказался неженатый молодой пастор - будущий ученый-экономист Т.Мальтус, вызвавший на себя неисчислимые нападки. Во многом по данной причине, а точнее, для улучшения своего произведения он в течение 1799-1802 гг. совершает путешествие по ряду государств Европы. И спустя пять лет, на этот раз под своим именем, в 1803 г. выпускает второе издание этой книги (всего при его жизни вышло шесть изданий нарастающим раз за разом тиражом). Мальтус скончался 23 декабря 1834 года и был похоронен в аббатстве города Бат. На протяжении всей своей жизни Мальтус жил очень скромно, но последовательно и принципиально отказывался как от высоких государственных должностей, которые ему предлагало правительство, так и от церковной карьеры, считая главным делом своей жизни научную работу. Он был избран одновременно членом Королевского общества и членом Французской Академии, честь, которой удостоивались немногие ученые, стал основателем Клуба Политической Экономии и одним из основателей Лондонского статистического общества.

**Самая знаменитая цитата:** «Человек, пришедший в уже занятый мир, если родители не в состоянии прокормить его или если общество не в состоянии воспользоваться его трудом, не имеет ни малейшего права требовать какого бы то ни было пропитания, и в действительности он лишний на Земле. На великом жизненном пиру для него нет места. Природа повелевает ему удалиться и не замедлит сама привести в исполнение свой приговор, если он не найдет сочувствия нескольких участников пира. Но если они потеснятся,

чтобы дать ему место, вскоре появятся новые, требуя для себя той же милости. Весть о том, что пища есть для каждого проходящего, наполнит зал многочисленными просителями. Порядок и гармония праздника нарушатся, изобилие, которое господствовало прежде, сменится недостатком, и радость приглашенных будет уничтожена зрелищем нищеты и скудости, свирепствующих во всех концах зала, и назойливыми криками тех, кто по справедливости возмущен, не находя пропитания, на которое они рассчитывали».

ЗАОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

## 7 ПОПУЛЯЦИИ КАК ФОРМА СУЩЕСТВОВАНИЯ ВИДА

**Популяция** – совокупность особей одного биологического вида, населяющих одну территорию, имеющих общий генофонд (совокупность генотипов всех особей популяции.) и возможность свободно скрещиваться.

Популяция представляет собой форму внутривидовой организации или форму существования вида, обеспечивающую наиболее полное использование данной группой особей природных ресурсов территории, к которой популяция приурочена. Биологическое значение популяции состоит в наиболее полном и рациональном использовании энергетических ресурсов, позволяющем обеспечить оставление потомства. При половом размножении обмен генами превращает популяцию в целостную генетическую систему. Если размножение происходит вегетативным путем (побегами, почками и т.д.) или другими способами, то популяция представляет собой систему клонов, или чистых линий, совместно использующих среду. В современной биологии популяция рассматривается как элементарная единица в процессе эволюции, способная реагировать на изменения среды перестройкой своего генофонда.

Говоря об экологических популяциях, необходимо отметить большое разнообразие их масштабов. У одного и того же вида в разной среде популяции могут сильно различаться. Эти различия обусловлены:

а) площадью ареала популяции – они могут занимать территорию, сравнимую по площади с материком (популяции песка, кряквы), и могут ограничиваться несколькими квадратными метрами (некоторые амфибии и моллюски);

б) количеством особей, образующих популяцию, – популяция может объединять миллионы особей (комары) или всего несколько десятков животных (крупные хищники);

в) количеством микропопуляций – одни популяции представлены множеством микропопуляций, приуроченных к разным биотопам, другие – едины в пространственном отношении.

Таким образом, популяции представляют собой весьма разнообразные видовые группировки, количество и особенности которых соответствуют пестроте и условиям местообитания, специфическим свойствам среды и биологии самих животных.

Важно учитывать многообразие взаимодействия организмов со средой. В соответствии с этим подходом популяции выделяются:

а) по способу поддержания численности и времени существования:

– постоянные популяции, возникающие в оптимальных местообитаниях, они способны к самовоспроизведению и не нуждаются в притоке особей извне для поддержания своей численности;

– временные популяции существуют не только за счет внутреннего потенциала, но и в результате иммиграции особей извне;

б) по способности к самовоспроизведению:

– независимые популяции – способны воспроизводиться самостоятельно; приток особей в их репродукции не играет существенной роли;

– полузависимые популяции – могут самовоспроизводиться, но иммиграция особей заметно повышает численность;

– зависимые – смертность внутри популяции не компенсируется приплодом, без иммиграции особей популяция вымирает;

– псевдопопуляции – совершенно не способны к самовоспроизведению, целиком зависят от притока извне. На о-ве Монерон обитает популяция тепловодного моллюска морское ухо. Они не нерестятся в этих холодных водах. Популяция же поддерживается за счет приноса личинок от берегов Японии с теплым Цусимским течением;

– временные, или периодически возникающие популяции – образуются за счет выселения особей из постоянных популяций в малоблагоприятные местообитания в периоды резкого возрастания численности постоянных популяций;

– гемипопуляции, или полупопуляции – группировки особей, принадлежащие к отдельным возрастным фазам развития животных, при этом на разных этапах своего возрастного развития (онтогенеза) они имеют резкие различия как морфологические, так и экологические (взрослые донные моллюски и их свободно плавающие пелагические личинки).

### Структуры популяции:

1. **Половая** (Рисунок 7.1). Численное соотношение полов, т.е. половой состав, и особенно доля размножающихся самок в популяции, имеет большое значение для дальнейшего роста ее численности. Соотношение полов зависит, прежде всего, от биологии вида и сильно различается у моногамных (самец за сезон спаривается с одной самкой) и полигамных животных. Для первых (например, журавли, лебеди) нормой является соотношение полов 1:1. Для вторых (например, морские котики, павианы) типично преобладание самок. Среди моногамных животных почти постоянно имеются «резервные» самцы. Это уже половозрелые, но еще не размножающиеся животные; они представляют собой репродуктивный резерв популяции. Неравномерность гибели разных полов, неодинаковая их выживаемость распространены среди животных. Как правило, более жизнеспособными являются самки. В молодом возрасте самки и самцы различаются поведением. Самцы обычно более подвижны, менее привязаны к убежищам, поэтому чаще становятся жертвами хищников и непогоды.

При неблагоприятных условиях, когда популяция находится в депрессии, выживаемость самок резко возрастает и процент женских особей сильно превышает норму. Это явление имеет важное адаптивное значение, поскольку именно от самок зависит восстановление подорванной популяции. Экологические и поведенческие различия между особями мужского и женского пола могут быть сильно выражены. Так, самцы комаров питаются нектаром растений и слизывают росу, а самки являются кровососущими.

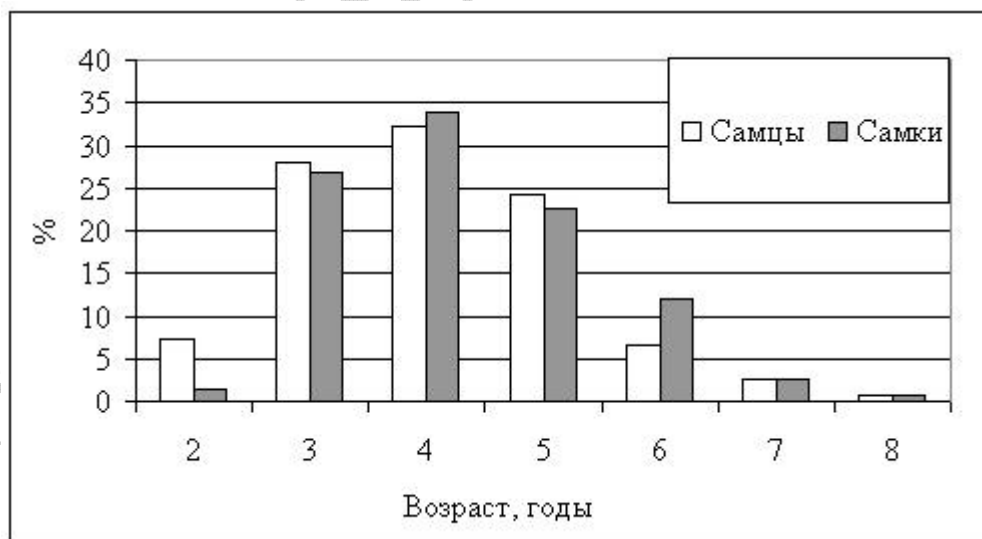


Рисунок 7.1 - Соотношение половозрелых самцов и самок разных возрастов в популяции травяной лягушки



Рисунок 7.2 Самка глубоководного удильщика с двумя самцами-паразитами

У многих глубоководных удильщиков взаимоотношения полов крайне своеобразны. Крупные самки - активные хищники. В охоте им помогает видоизмененный луч спинного плавника, несущий светящуюся «приманку», привлекающую мелких рыб. Карликовые самцы живут на теле самок в качестве паразитов. Самцы паразитируют на теле добычиц – их кровеносные системы срачиваются, и все необходимое для жизни самцы получают через кровь самки. Сердце, мозг, глаза и кишечник у самцов атрофируются, в полном порядке только половая система. По сути дела самцы превращаются в настоящих паразитов (Рисунок 7.2). Пример крайней дегенерации сильного пола, который вместе с тем обеспечивает в тяжелых условиях существования на больших глубинах надежное продолжение численности данного вида.

**2. Возрастная** (Рисунок 7.3). У долгоживущих и размножающихся многократно видов возникает относительно устойчивая структура популяции с длительным существованием различных поколений. У видов с непродолжительным периодом взрослого состояния ежегодно сменяется значительная часть популяции. Численность такой популяции неустойчива и может резко различаться в отдельные годы, а возрастная структура популяции сильно варьирует. Возрастной состав популяции определяется несколькими причинами, среди которых можно указать на время достижения половой зрелости, общую продолжительность жизни, длительность периода размножения, продолжительность жизни поколения, частоту приплода, смертность, тип динамики численности.

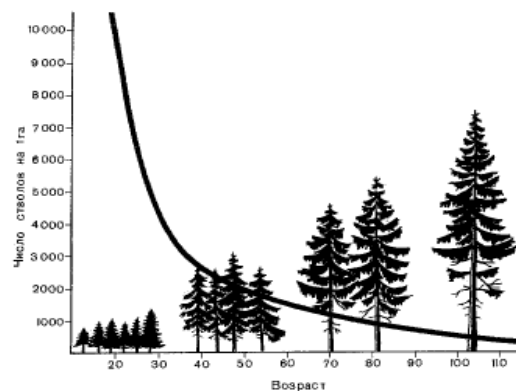


Рисунок 7.3 - Возрастная структура ели

**3. Географическая** - это крупная территориальная группировка особей общего населения вида. Она адаптирована к особенностям климата, рельефа и составу живого населения разных биогеоценозов на большом географическом пространстве ареала вида.

**4. Экологическая** - это группа особей, обладающая свойством целостности, с особым местообитанием, характеризуется единством экологических реакций на внешние воздействия. У обитателей одного природного сообщества развивается особый, уникальный, но единообразный тип реакций, образа жизни биологических ритмов. Популяции такого типа ограничены, но не изолированы друг от друга. А следовательно довольно часто происходит обмен генетической информацией.

**5. Этологическая** – закономерности совместного поведения животных изучает наука этология. Формы совместного сосуществования в популяции чрезвычайно различны.

При **одиночном образе жизни** особи популяции независимы и обособлены друг от друга. Однако такое поведение характерно для многих видов лишь на определенных стадиях жизненного цикла. Они часто образуют временные агрегации в местах зимовок, в период, предшествующий оплодотворению.

При **семейном образе жизни** усиливается связь между родителями и потомством. Например, у птиц забота о птенцах продолжается до поднятия их на крыло; у некоторых млекопитающих детеныши воспитываются в семейных группах в течение нескольких лет.

Семья у животных основана не только на половом инстинкте и необходимости совместной заботы о потомстве, но и на территориальной общности. Своеобразной семьей является львиный прайд. Основу прайда составляют львицы, они охотятся, выращивают львят. Обычно в прайд входят несколько львиц и их детеныши, 2–3 молодых самца и обязательно доминирующий самец. Он не всегда самый крупный или самый сильный, но остальные самцы признают его главенство, а он, в свою очередь, терпит их присутствие. Со старившихся и больных львов прайд не защищает, а изгоняет.

**Внутривидовые группировки** – стаи, стада, колонии, гаремы. Абиотические условия в большинстве случаев одинаково действуют как на одиночную особь, так и на группу. Иначе влияют на индивида и группу индивидов биотические факторы.

Стаи – подвижные, обычно временные объединения. Скопления животных часто связаны с местами изобилия пищи или достаточно надежными убежищами.

Стада – более длительные и постоянные объединения животных. Они включают особей одного вида, которые сохраняют какое-либо время близость друг к другу, сходно себя ведут, нередко характеризуются одинаковым ритмом активности. Основой группового поведения в стадах являются взаимоотношения доминирования – подчинения.

Колонии – это групповое поселение оседлых животных. Они могут быть длительными или возникать лишь на период размножения (птицы – чайки, гагары и др.).

Гарем – небольшая устойчивая группа размножающихся полигамных животных (серый тюлень, морской котик, кашалот).

**6. Элементарная** - это небольшая группировка особей одного вида в биогеоценозе. В состав входят близкие в генетическом плане особи. Различия между микропопуляциями определяются средой обитания.

**Плотность популяции** – это число особей на единицу площади (Рисунок 7.4). Верхний предел плотности популяции определяется количеством самого дефицитного ресурса. Особую группу организмов составляют растения – однолетники. Плотность их популяций может возрастать практически неограниченно. Это возможно за счет того, что с увеличением плотности уменьшается размер особи.



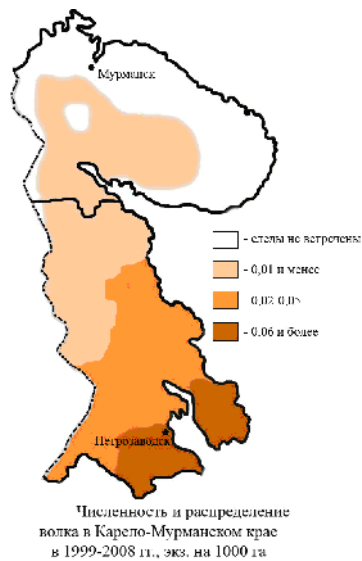


Рисунок 7.4 - Плотность популяции волка

Конкуренция приводит к значительным колебаниям плотности. Плотность популяции непостоянна и колеблется из года в год потому, что количество самого дефицитного ресурса в отдельные года непостоянно.

Вспышка плотности популяции жертв вызывает вспышку плотности популяции хищников потому, что хищники, питающиеся жертвами, имеют достаточно еды. Следовательно, они не погибают из-за недостатка пищи. И большинство популяций выживает. Ведь, чем больше уровень дефицитного ресурса, тем выше плотность популяции, т.е. чем больше жертв, тем больше хищников. Плотность популяции зависит от количества пропитания, т.е. если в лесу вырастет много шишек, грибов и желудей и т.д., то популяция белок увеличится.

#### **Причины, нарушающие стабильность популяции**

**Чрезмерная добыча.** Каждая популяция находится под контролем «сверху» и «снизу». «Снизу» её контролирует количество ресурсов, а «сверху» организмы следующего трофического уровня. Если определённую часть биологической продукции популяции изымает человек, то она компенсирует потери за счёт более интенсивного размножения. МДУ (максимально допустимый урожай). Пример: норма отстрела лосей 15%, а кабанов 30%. Однако часто человек превышает эту норму и пытается получить от популяции «сверхприбыль». Это может ослабить популяцию.

**Разрушение местообитания.** Выпас уплотняет почву и обедняет видовой состав лугов и степей. В европейской части России популяции ковылей (красивейший, Лессинга, обычный – перистый) стали редкими в составе степных травостоев. Многие популяции насекомых исчезли в результате распашки степей и освоения целины. Разрушают местообитания популяций туристы и отдыхающие, а пригородной зоне горожане. Водные местообитания разрушает быстроходный транспорт. Волнобой, возникающий при его проходе, губит молодь рыбы. Гибнет рыба и от столкновения с моторными лодками. Для сохранения популяций необходимо сохранить хотя бы часть местообитаний, где они могут нормально размножаться и восстанавливать плотность.

Причины повсеместного сокращения численности серого гуся (пискулек) не вполне ясны. Вероятно, в первую очередь это разрушение и изменение местообитаний. воздействие фактора беспокойства и пресс охоты на зимовках и в местах пролета. Исследования показали, что на гнездовье, в труднодоступных тундровых районах пискулька меньше

подвержен риску гибели, чем на трассах пролета и на зимовках, где имеется дефицит местобитаний, пригодных для обитания этих гусей, а пресс охоты куда более высок.

**Вселение новых видов.** Человек проводит преднамеренное вселение видов в различные районы мира. Эти виды могут вытеснить местные виды, разрушая их популяцию.

**Загрязнение среды.** Популяция многих видов растений и животных уменьшают свою плотность и даже исчезают под влиянием сельскохозяйственного и промышленного загрязнения. Больше всего от этого страдают обитатели водных экосистем.

#### **Размер и динамика популяций**

«Волны жизни» – так называют колебания численности и плотности популяции во времени – по годам, сезонам, от поколения к поколению. Точную численность популяции можно узнать только в случае полной изоляции. В разных популяциях может быть от нескольких десятков до нескольких млн особей, могущих занимать и несколько кв. м., и несколько тысяч кв. км. Размеры территории связаны с радиусом репродуктивной активности. Число особей представляется соотношением рождаемости и смертности (при неучитывании миграции). Общая рождаемость – число новых особей  $\Delta N_n$ , добавляющихся за время  $\Delta t$ . Удельная рождаемость

$$b = \Delta N_n / \Delta t N,$$

где: N – исходная численность популяции.

Численность и плотность – основные параметры популяции.

**Численность** – общее количество особей на данной территории или в данном объеме.

**Плотность** – количество особей или их биомасса на единице площади или объема. В природе происходит постоянные колебания численности и плотности.

**Динамика численности** и плотности определяется в основном рождаемостью, смертностью и процессами миграции. Это показатели, характеризующие изменение популяции в течение определенного периода: месяца, сезона, года и т.д. Изучение этих процессов и причин их обуславливающих очень важно для прогнозов состояния популяций. Рождаемость различают абсолютную и удельную.

**Абсолютная рождаемость** – это количество новых особей, появившихся за единицу времени, а **удельная** – то же самое количество, но отнесенное к определенному числу особей. Например, показателем рождаемости человека служит число детей, родившихся на 1000 человек в течение года. Рождаемость определяется многими факторами: условиями среды, наличием пищи, биологией вида (скорость полового созревания, количество поколений в течение сезона, соотношение самцов и самок в популяции). Согласно правилу максимальной рождаемости (воспроизводства) в идеальных условиях в популяциях появляется максимально возможное количество новых особей; рождаемость ограничивается физиологическими особенностями вида. (Одуванчик за 10 лет способен заполнить весь земной шар, при условии, что все его семена прорастут. Исключительно обильно семяносеят ивы, тополя, березы, осина, большинство сорных растений. Бактерии делятся каждые 20 минут и в течение 36 часов могут сплошным слоем покрыть всю планету. Очень высока плодовитость у большинства видов насекомых и низка у хищников, крупных млекопитающих.)

**Смертность**, как и рождаемость, бывает абсолютной (количество особей, погибших за определенное время), так и удельной. Она характеризует скорость снижения численности популяции от гибели из-за болезней, старости, хищников, недостатка корма, и играет главную роль в динамике численности популяции. Различают три типа смертности (Рисунок 7.5): - одинаковый на всех стадиях развития; встречается редко, в оптимальных условиях; - повышенная смертность в раннем возрасте (кривая III); характерна для большинства видов растений и животных (у деревьев к возрасту зрелости доживает менее 1% всходов, у рыб – 1-2% мальков, у насекомых – менее 0,5% личинок); - высокая смерть в

старости (кривая II); обычно наблюдается у животных, чьи личиночные стадии проходят в благоприятных мало изменяющихся условиях: почве, древесине, живых организмах.

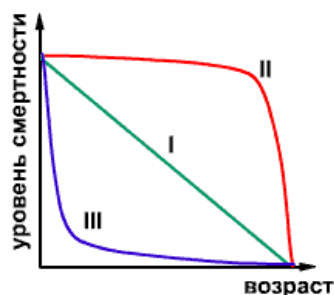


Рисунок 7.5 - Кривые смертности

### Стабильные, растущие и сокращающиеся популяции.

Популяция приспосабливается к изменению условий среды путем обновления и замещения особей, т.е. процессами рождения (возобновления) и убывания (отмирания), дополняемыми процессами миграции. В стабильной популяции темпы рождаемости и смертности близки, сбалансированы. Они могут быть непостоянны, но плотность популяции незначительно отличается от какой-то средней величины. Ареал вида при этом ни увеличивается, ни уменьшается. В растущей популяции рождаемость превышает смертность. Для растущих популяций характерны всплески массового размножения, особенно у мелких животных (саранча, 28-точечная картофельная коровка, колорадский жук, грызуны, вороны, воробьи; из растений – амброзия, борщевик Сосновского в северной республике Коми, одуванчик, прилипало гималайское, отчасти – дуб монгольский). Нередко растущими становятся популяции крупных животных в условиях заповедного режима (лоси в Магаданском заповеднике, на Аляске, олень пятнистый в Уссурийском заповеднике, слоны в национальном парке Кении) или интродукции (лось в Ленинградской области, ондатра в Восточной Европе, домашние кошки). При переуплотнении у растений (обычно совпадает с началом сомкнутости покрова, кронового полога) начинается дифференциация особей по размерам и жизненному состоянию, самоизреживание популяций, а у животных (обычно совпадает с достижением половой зрелости молодняка) начинается миграция на сопредельные свободные участки. Если смертность превышает рождаемость, то такая популяция считается сокращающейся. В естественной среде она сокращается до определенного предела, а затем рождаемость (плодовитость) вновь повышается и популяция из сокращающейся становится растущей. Чаще всего неумеренно растущими бывают популяции нежелательных видов, сокращающимися – редких, реликтовых, ценных, как в экономическом, так и в эстетическом отношении.



Рисунок 7.6 Растущая популяция нильского окуня в озере Виктория приводит к появлению особей необычных размеров

## **Критические значения численности популяции**

Для популяций различных видов существуют допустимые пределы снижения численности особей, за которыми существование популяции становится невозможным. Точных данных о критических значениях численности популяций в литературе нет. Приводимые значения разноречивы. Остается, однако, несомненным факт, что чем мельче особи, тем выше критические значения их численности. Для микроорганизмов это миллионы особей, для насекомых – десятки и сотни тысяч, а для крупных млекопитающих – несколько десятков. Численность не должна уменьшаться ниже пределов, за которыми резко снижается вероятность встречи половых партнеров. Критическая численность также зависит от других факторов. Например, для некоторых организмов специфичен групповой образ жизни (колонии, стаи, стада). Группы внутри популяции относительно обособлены. Могут иметь место такие случаи, когда численность популяции в целом еще достаточно велика, а численность отдельных групп уменьшена ниже критических пределов. Например, колония (группа) перуанского баклана должна иметь численность не менее 10 тыс. особей, а стадо северных оленей – 300 – 400 голов.

## **Возрастная структура популяций**

У животных выделяют следующие возрастные группы:

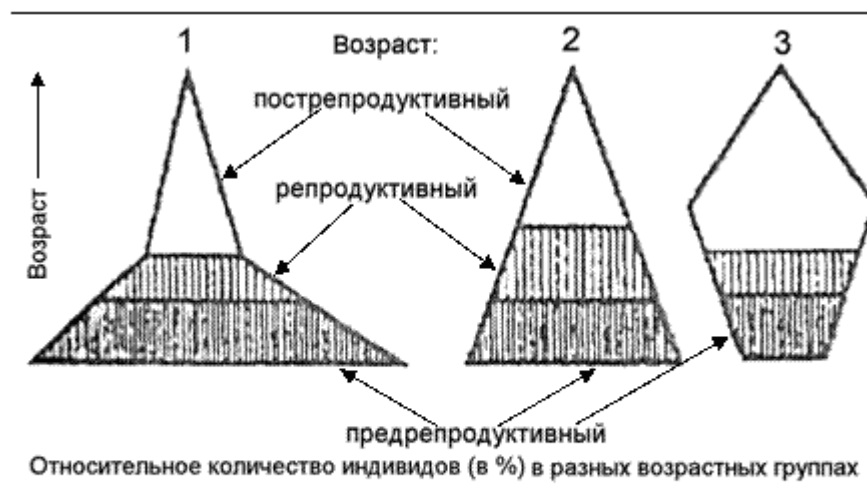
- ювенильная группа (детская);
- сенильная группа (старческая, не участвующая в воспроизводстве);
- взрослая группа (особи, осуществляющие репродукцию).

Одна из наиболее известных классификаций животных по возрасту Г.А. Новикова:

- новорожденные – до момента прозревания;
- молодые – подрастающие особи, "подростки";
- полувзрослые – близкие к половозрелым особям;
- взрослые – половозрелые животные;
- старые – особи, переставшие размножаться.

В геоботанике получила признание классификация растений по возрасту Н.М. Черновой, А.М. Быловой:

- покоящиеся семена;
- проростки (всходы) – растения первого года жизни, многие из них живут за счет питательных веществ в семядолях;
- ювенильные – переходят к самостоятельному питанию, но размерами и морфологически еще отличаются от взрослых растений;
- имматурные – обладают переходными признаками от ювенильных к взрослым растениям, еще очень малы, у них идет смена типа нарастания, начинается ветвление побегов;
- виргинильные – "взрослые подростки", могут достигать размеров взрослых особей, но регенеративные органы отсутствуют;
- молодые генеративные – характерно наличие генеративных органов, завершается формирование облика, типичного для взрослого растения;
- средневозрастные генеративные – отличаются максимальным годичным приростом и максимальной репродуктивностью;
- старые генеративные – растения продолжают плодоносить, но у них полностью прекращаются рост побегов и образование корней;
- субсенильные – плодоносят очень слабо, идет отмирание вегетативных органов, новообразование побегов идет за счет спящих почек;
- сенильные – очень старые, дряхлые особи, появляются черты ювенильных растений: крупные одиночные листья, порослевые побеги.



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

Рисунок 7.7 - Типы популяций

### Баланс популяций и причины его нарушения.

Эволюционные исследования традиционно направлены на изучение прогрессивной эволюции, механизмов и закономерностей новых, отсутствовавших у предков, адаптаций. Естественный отбор идет по функциональным признакам фенотипа. Поэтому он и сохраняет те признаки, которые остаются адаптивными, хотя другие признаки изменяются под действием движущего отбора. Между тем, экологическая ниша вида никогда не предоставляет ему стабильных условий существования:

- колебания погоды и климата,
- изменения численности пищевых ресурсов,
- изменение численности конкурентов и хищников,
- эпидемии,
- антропогенные загрязнения природной среды и др.

Перестройка экосистем - нарушает соотношение организации особей и среды их обитания. Эволюционные изменения видов – компонентов биоценозов, заставляют коаптироваться между собой и другими компонентами этого сообщества.

### Эпидемия – причина нарушения баланса популяций

**Эпидемия** - значительное превышение нормальной частоты случаев какого-либо заболевания или патологического состояния среди населения. Эпидемией называют также резкий подъем частоты определенного заболевания с последующим снижением в относительно короткий период времени. Например, до появления в 1963 коревой вакцины корь, распространяясь среди населения и поражая восприимчивых лиц, давала волнообразные подъемы заболеваемости. Вслед за вспышкой наступал период с относительно малым числом заболевших. Болезни с такой формой эпидемического процесса чаще всего инфекционные, т.е. передающиеся от человека к человеку или от животных к человеку. В 20 в. даже трудно представить себе те физические и нравственные страдания, которые приносили населению эпидемические заболевания в прошлом. В средневековой Европе они бы-

ли причиной смерти каждого четвертого человека. Сегодня эпидемии в общем не столь широко распространены и смертоносны, как столетия назад, но тем не менее они продолжают возникать как следствие нарушений установившегося баланса между человеческими популяциями, условиями их существования и наличием возбудителей инфекционных заболеваний.

### **Основные причины**

Эпидемия возникает, когда возбудитель заболевания распространяется в восприимчивой популяции. На интенсивность эпидемического процесса влияют многие факторы окружающей среды. Восприимчивость к инфекции характерна для тех популяций, которые не приобрели иммунитета при предыдущих контактах с возбудителем данного заболевания.

В зависимости от путей распространения инфекции восприимчивое население может быть защищено, если исключить его контакт

- 1) с уже заболевшими лицами;
- 2) с переносчиками возбудителя, такими, как комары, блохи или вши;
- 3) с объектами, передающими инфекцию, например водой, которая может быть загрязнена возбудителем;
- 4) с животными, которые служат резервуаром инфекции, например крысами.

### **Эндемические заболевания**

Если инфекционное заболевание постоянно возникает у жителей данной местности, то любые вновь прибывшие восприимчивые поселенцы, контактируя с основным населением, вскоре будут заражены, особенно в детском возрасте. Поскольку в каждый данный момент больна лишь малая часть населения, существенных колебаний заболеваемости при этом не наблюдается, и ее неизменно стабильный уровень позволяет отнести данное инфекционное заболевание к эндемическим для населения определенной местности.

### **Пандемии.**

Если население какой-либо части света избавлено от контакта с данной инфекцией в течение продолжительного времени, в нем значительно возрастает число лиц, восприимчивых к соответствующему возбудителю. Появившись, инфекция может почти одновременно поразить население обширных зон, вызывая массовые эпидемии. Такое распространение заболевания называют пандемией. Подобный процесс возможен также в том случае, когда восприимчивое население встречается с новым возбудителем инфекции, как, например, это случилось при распространении вируса гриппа в 1918.

### **Наиболее опасные инфекционные заболевания:**

#### **1. Чума.**

В Средние века эпидемии чумы были столь опустошительными, что название этого конкретного заболевания в переносном смысле стало синонимом всяческих несчастий. Следующие одна за другой чумные пандемии 14 в. погубили четверть тогдашнего населения Европы. Тщетной оказалась карантинная изоляция путешественников и прибывающих кораблей. Теперь известно, что чума - заболевание диких грызунов, в частности крыс, которое передается блохами *Xenopsylla cheopis*. Эти блохи заражают людей, живущих в непосредственной близости от зараженных крыс - резервуара инфекции. При бубонной чуме (Рисунок 7.8) передача инфекции от человека к человеку начинается только с разви-





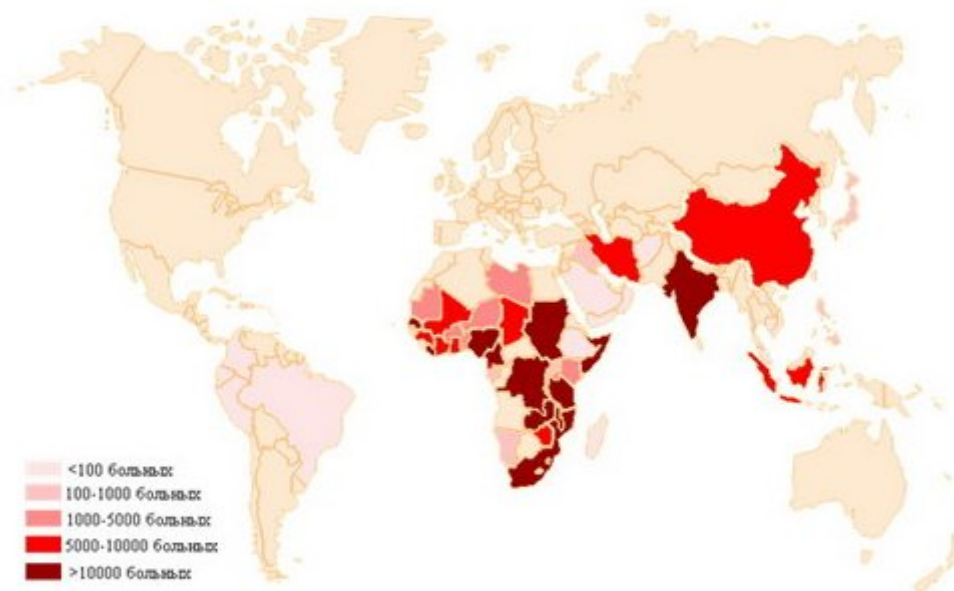
Рисунок 7.10 - Циклы заражения чумой человека

## 2. Холера.

В 19 в. холерные пандемии встречались в большинстве стран мира. В классическом исследовании лондонского врача Дж.Сноу был верно определен водный путь передачи инфекции во время холерной эпидемии 1853-1854. Он сравнил число случаев холеры в двух соседних районах города, имевших разные источники водоснабжения, один из которых загрязнялся нечистотами. Тридцать лет спустя немецкий микробиолог Р.Кох, применив для выявления возбудителя холеры в Египте и Индии методы микроскопии и культивирования бактерий, открыл "холерную запятовую", названную впоследствии холерным вибрионом (*Vibrio cholerae*) (Рисунок 7.11).



Рисунок 7.11- Холерный вибрион



Распространение заболеваний холерой в мире за период 2002-2006 гг.

Рисунок 7.12 - Распространение холеры

### 3. Сыпной тиф.

Заболевание сопряжено с антисанитарными условиями существования, обычно во время войны. Оно известно также как лагерная, тюремная или корабельная лихорадка. Когда в 1909 французский микробиолог Ш.Николь показал, что сыпной тиф передается от человека к человеку платяными вшами (Рисунок 7.13,14), стала понятной его связь со скученностью проживания и нищетой. Знание пути передачи инфекции позволяет работникам здравоохранения останавливать распространение эпидемического (вшиного) тифа, обрабатывая инсектицидным порошком одежду и тело тех, кто подвержен опасности заражения.



Рисунок 7.13 - Цикл развития вшей



Рисунок 7.14 - Гниды в волосах

Общая картина сыпного тифа. Продолжительность инкубационного периода определяется в 10—14 дней; по Юргенсу. (Jur-gens) —11 дней, по Розенбергу — 10—12 дней; лишь в редких случаях он сокращается до 8 или удлиняется до 17 дней. Продолжительность развития вируса в переносчике (вошь), считая с момента укуса им больного человека, составляет 5—7 дней. Таким образом, продолжительность инкубационного периода в смысле переноса инфекции от больного к здоровому человеку, считая и время развития вируса в переносчике, составляет 15—21 день.

При вспышках сыпного тифа наиболее поражаемыми группами населения являются обычно лица цветущего возраста (20—25 лет), но эта поражаемость объясняется не повышенной возрастной восприимчивостью, а более обширными контактами этой возрастной группы. Больше всего поражаются группы населения, которые по роду занятий контактируют с больными или вшивыми контингентами: медицинский персонал, дезинфекторы, банщики, парикмахеры, работники транспорта и т. п. Все старые авторы связывали эпидемии сыпного тифа со скученностью, грязью, материальными лишениями и социальными потрясениями, ведущими к обеднению и разорению народных масс. Роль кровососущих паразитов в переносе сыпного тифа предугадывалась еще в 1876 г. Минхом, но лишь много лет спустя, в 1909 г., Шарль Николль, Конт и Консейль доказали, что переносчиком сыпного тифа являются вши.

Открытие Николля, казалось, полностью выяснило все звенья эпидемической цепи: резервуар вируса — больной человек, кровью его заражается вошь, заражающая в свою очередь здорового человека. В тех странах, где вшивость как бытовое явление отсутствует, нет и сыпного тифа; наоборот, в странах с бытовой вшивостью эпидемии сыпного тифа являются обычными. Для развития эпидемии необходим ряд вспомогательных факторов, обеспечивающих нарастание вшивости и повышение восприимчивости людских масс к сыпнотифозному вирусу.

#### **4. Оспа.**

Современная вакцинация как метод предупреждения инфекционных болезней была разработана на основе тех первых успехов, которых достигла медицина в борьбе с оспой (Рисунок 7.15) путем иммунизации (прививки) восприимчивых лиц. Чтобы сделать прививку, жидкость из оспенного пузырька больного с активной инфекцией переносили в царапину на коже плеча или кисти иммунизируемого человека. В случае удачи возникало легкое заболевание, оставляющее после выздоровления пожизненный иммунитет. Иногда иммунизация вызывала развитие типичного заболевания, но число таких случаев было настолько мало, что риск прививочных осложнений оставался вполне приемлемым. В Европе иммунизация стала применяться с 1721, но задолго до этого она использовалась в Китае и Персии. Именно благодаря ей к 1770 оспа перестала встречаться в зажиточных слоях населения. Заслуга дальнейшего усовершенствования противооспенной иммунизации принадлежит сельскому врачу из Глостершира (Англия) Э. Дженнеру, который обратил внимание на то, что лица, перенесшие легкую коровью оспу, не заболевают натуральной оспой, и предположил, что коровья оспа создает иммунитет к оспе человека. В начале 20 в. оспенная вакцина стала легко доступна во всем мире благодаря ее серийному производству и сохранению в холоде. Последняя глава в истории натуральной оспы ознаменовалась кампанией массовой вакцинации, которую провела во всех странах Всемирная организация здравоохранения.



Рисунок 7.15 - Оспа

### **Желтая лихорадка.**

В 18-19 вв. среди эпидемических заболеваний Западного полушария желтая лихорадка занимала заметное место в США, а также в странах Центральной Америки и Карибского региона. Врачи, предполагавшие, что заболевание передается от человека человеку, требовали изоляции заболевших для борьбы с эпидемией. Те же, кто связывал происхождение заболевания с атмосферными загрязнениями, настаивали на санитарных мероприятиях. В последней четверти 19 в. желтую лихорадку стали связывать с укусами комаров. В 1881 кубинский врач К.Финлей предположил, что переносчиками заболевания служат комары *Aedes aegypti*. Доказательства этого были представлены в 1900 работавшей в Гаване комиссией по желтой лихорадке, которую возглавлял У.Рид (США). Осуществление программы борьбы с комарами в течение ближайших лет способствовало не только значительному снижению заболеваемости в Гаване, но и завершению строительства Панамского канала, которое едва не прекратилось из-за желтой лихорадки и малярии. В 1937 врач из Южно-Африканской Республики М.Тейлер разработал эффективную вакцину против желтой лихорадки, более 28 млн. доз которой было произведено Рокфеллеровским фондом с 1940 по 1947 для тропических стран.

### **Грипп (испанка, инфлюэнца)**

В 1918—1919 годах (18 месяцев) во всем мире от испанки умерло приблизительно 50-100 млн человек или **2,7-5,3 % населения Земли**. В Барселоне ежедневно умирали 1200 человек. Вымикали целые деревни от Аляски до Южной Африки. Были города, где не осталось ни одного здорового врача. Даже могильщиков не оставалось, для того, чтобы похоронить умерших. Выкапывали массовые могилы, используя при этом паровой экскаватор. Людей хоронили десятками без гроба и отпеваний. За первые 25 недель грипп убил 25 млн человек. Возрастная категория, которая подверглась риску по «испанке» (Рисунок 7.16) составляет от 15 до 45 лет. В большинстве случаев грипп поражает либо детей, либо стариков. Испанка была страшным исключением.



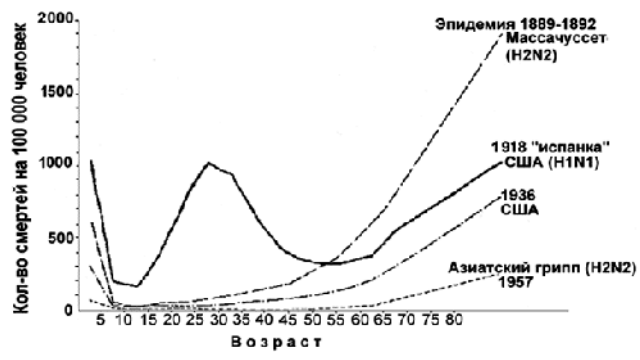


Рисунок 7.16 Эпидемии вирусных инфекций и их последствия

ЗАОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ



## 8 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

### Сущность понятий экосистема, биогеоценоз

В биологии используются три близких по значению понятия:

1. **Биогеоценоз** (греч. «биос» — жизнь, «гео» — земля, «ценоз» — общий) — структурная и функциональная элементарная единица биосферы. Представляет собой устойчивую саморегулирующуюся экологическую систему, в которой органические компоненты (животные, растения) неразрывно связаны с неорганическими (вода, почва). Например, озеро, сосновый лес, горная долина (Рисунок 8.1). Учение о биогеоценозе разработано академиком Владимиром Сукачёвым (Рисунок 8.10) в 1940 году.
2. **Биогеоценоз** — **биоценоз**, который рассматривается во взаимодействии с абиотическими факторами, влияющими на него и в свою очередь изменяющимися под его воздействием. Биоценоз имеет синоним сообщество, ему также близко понятие экосистема.
3. **Экосистема** — группа организмов разных видов, взаимосвязанных между собой круговоротом веществ.

Каждый биогеоценоз — это экосистема, но не каждая экосистема — биогеоценоз. Для характеристики биогеоценоза используются два близких понятия: **биотоп** и **эко́топ** (факторы неживой природы: климат, почва). **Биотоп** — это территория, которую занимает биогеоценоз. **Эко́топ** — это биотоп, на который оказывают воздействие организмы из других биогеоценозов. Эко́топ также состоит из **климата (климатопа)** во всех многообразных его проявлениях и геологической среды (почв и грунтов), называемой **эдафотопом**. **Эдафотоп** — это то, откуда биоценоз черпает средства для существования и куда выделяет продукты жизнедеятельности.

### Свойства биогеоценоза:

- естественная, исторически сложившаяся система;
- система, способная к саморегуляции и поддержанию своего состава на определенном постоянном уровне;
- характерен круговорот веществ;
- открытая система для поступления и выхода энергии, основной источник которой — Солнце.

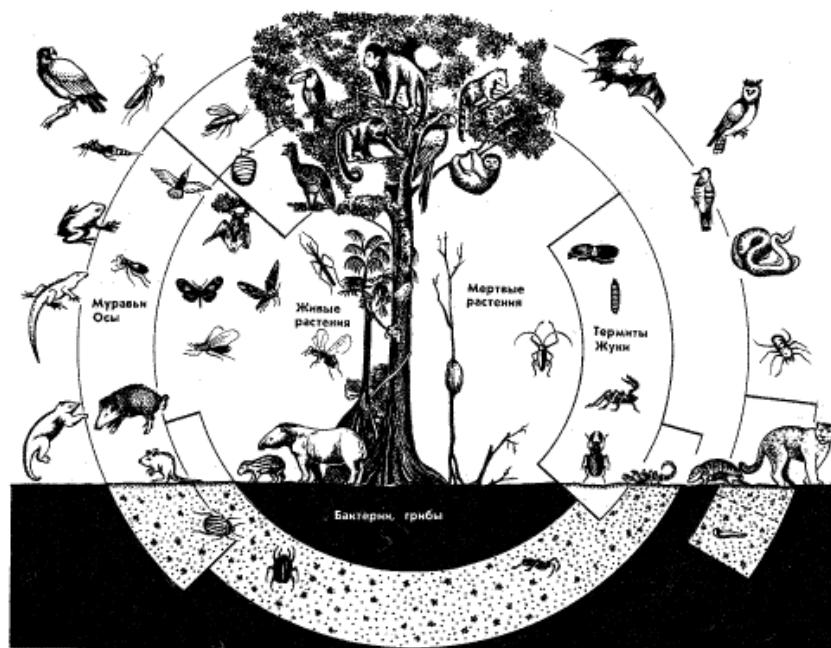


Рисунок 8.1- Биоценоз тропического леса



Рисунок 8.1a - Биоценоз пруда

#### Основные показатели биогеоценоза:

- **Видовой состав** — количество видов, обитающих в биогеоценозе.
- **Видовое разнообразие** - количество видов, обитающих в биогеоценозе на единицу площади или объема.

В большинстве случаев видовой состав и видовое разнообразие количественно не совпадают и видовое разнообразие напрямую зависит от исследуемого участка.

- **Биомасса** — количество организмов биогеоценоза, выраженное в единицах массы. Чаще всего биомассу подразделяют на (Рисунок 8.2):

- биомассу продуцентов;
- биомассу консументов ;
- биомассу редуцентов



Рисунок 8.2 - Понятие консументы и продуценты

### Механизмы устойчивости биогеоценозов

Одним из свойств биогеоценозов является способность к саморегуляции, то есть к поддержанию своего состава на определенном стабильном уровне. Это достигается благодаря устойчивому круговороту веществ и энергии. Устойчивость же самого круговорота обеспечивается несколькими механизмами:

- достаточность жизненного пространства, то есть такой объем или площадь, которые обеспечивают один организм всеми необходимыми ему ресурсами.
- богатство видового состава. Чем он богаче, тем устойчивее цепи питания и, следовательно, круговорот веществ.
- многообразие взаимодействия видов, которые также поддерживают прочность трофических отношений.
- средообразующие свойства видов, то есть участие видов в синтезе или окислении веществ.
- направление антропогенного воздействия.

Таким образом, механизмы обеспечивают существование неменяющихся биогеоценозов, которые называются стабильными. Стабильный биогеоценоз, существующий длительное время, называется **климаксическим**. Стабильных биогеоценозов в природе мало, чаще встречаются устойчивые — меняющиеся биогеоценозы, но способные, благодаря саморегуляции, придти в первоначальное, исходное положение.

### Структура, основные компоненты экосистемы

#### Структура биогеоценоза

**Видовая структура биогеоценоза.** Формирование биогеоценоза осуществляется за счет межвидовых связей, которые определяют его структуру, т. е. упорядоченность строения и функционирования экосистемы. Различают структуру биогеоценоза:

- видовую,
- пространственную,

- экологическую,
- трофическую.

**Виды**, преобладающие в биогеоценозе по численности особей или занимающие большую площадь, называют доминантами. Например, в наших лесах среди деревьев доминирует ель, в травяном покрове — кислица, зеленый мох, среди мышевидных грызунов — полевки и т. д. Однако далеко не все доминантные виды одинаково влияют на биогеоценоз. Среди них выделяются те, которые играют главенствующую роль в определении состава, структуры и свойств экосистемы путем создания среды для всего сообщества. Такие средообразующие виды называются эдификаторами.

Структура живой части биогеоценоза определяется трофоэнергетическими связями и отношениями, в соответствии с которыми выделяют три главных функциональных компонента :

- **комплекс автотрофных организмов-продуцентов**, обеспечивающих органическим веществом и, следовательно, энергией остальные организмы (фитоценоз(зеленые растения), а также фото- и хемосинтезирующие бактерии);
- **комплекс гетеротрофных организмов-консументов**, живущих за счёт питательных веществ, созданных продуцентами; во-первых, это зооценоз (животные), во-вторых, бесхлорофилльные растения;
- **комплекс организмов-редуцентов**, разлагающих органические соединения до минерального состояния (микробиоценоз, а также грибы и прочие организмы, питающиеся мертвым органическим веществом).

**Пространственная структура.** Эта структура биогеоценоза определяется прежде всего сложением фитоценоза. Как правило, фитоценозы расчленены на достаточно хорошо отграниченные в пространстве (по вертикали и по горизонтали), а иногда и во времени элементы структуры, или ценоэлементы. К основным ценоэлементам относятся ярусы и микрогруппировки. Первые характеризуют вертикальное, вторые — горизонтальное расчленение фитоценозов. Основной фактор, определяющий вертикальное распределение растений, — количество света, обуславливающее температурный режим и режим влажности на разных уровнях над поверхностью почвы в биогеоценозе.

Каждый **биогеоценоз** складывается из **определенных экологических групп организмов**, соотношение которых отражает экологическую структуру сообщества, складывающуюся в течение длительного времени в определенных климатических, почвенно-грунтовых и ландшафтных условиях строго закономерно.

Основу **трофической (пищевой) структуры** биогеоценоза составляют цепи питания (Рисунок 8.3).

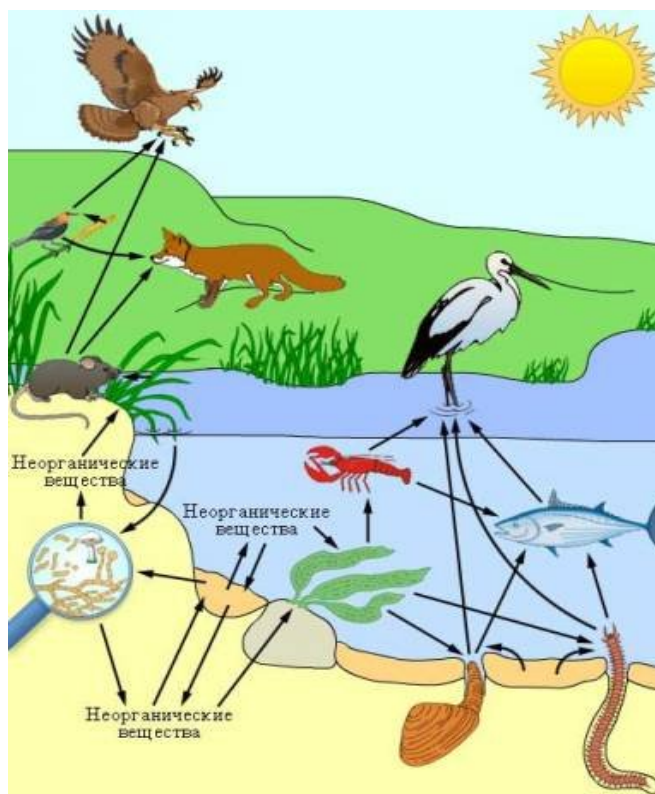


Рисунок 8.3 - Пищевые цепи

Животные, питающиеся непосредственно продуцентами, называются первичными консументами или **консументами первого порядка**. Их самих употребляют в пищу вторичные консументы. Например, кролик, питающийся морковкой, - это консумент первого порядка, а лиса, охотящаяся за кроликом, - **консумент второго порядка**. Некоторые виды живых организмов соответствуют нескольким таким уровням. Например, когда человек ест овощи - он консумент первого порядка, говядину - консумент второго порядка, а употребляя в пищу хищную рыбу, выступает в роли **консумента третьего порядка** (Рисунок 8.4).

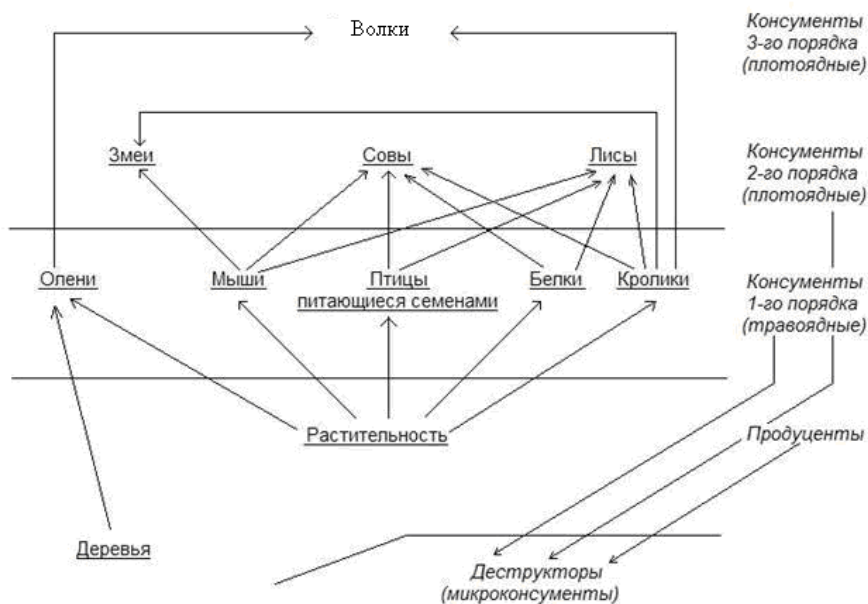


Рисунок 8.4 - Консументы разных порядков



Мертвые растительные и животные остатки, например опавшие листья, трупы животных, продукты систем выделения, называются **детритом**. Это органика. Существует множество организмов, специализирующихся на питании детритом. Они называются **детритофагами** (насекомые, черви, некоторые виды млекопитающих) (Рисунок 8.5).



Рисунок 8.5 - Детритофаг – навозный жук

Поскольку роль грибов и бактерий столь специфична, их обычно выделяют в особую группу детритофагов и называют **редуцентами**. Редуценты служат на Земле санитарами и замыкают биогеохимический круговорот веществ, разлагая органику на исходные неорганические составляющие - углекислый газ и воду.

Составными частями биоценоза являются:

- фитоценоз (устойчивое сообщество растений),
- зооценоз (совокупность взаимосвязанных видов животных),
- микоценоз (сообщество грибов),
- микробоценоз (сообщество микроорганизмов).

### **Свойства экосистем и закономерности их функционирования**

#### **Целостность и самовоспроизводимость**

Существование и жизнедеятельность популяций, населяющих экосистемы, регулируется многими биотическими и абиотическими факторами. Жизненно важные органические соединения и химические элементы образуют круговорот веществ. Растения черпают из среды минеральные вещества, а также кислород для дыхания и углекислый газ для фотосинтеза, выделяют в атмосферу углекислый газ и кислород в тех же процессах. Органические и неорганические вещества растений питают организмы всех популяций экосистемы. Химические элементы этих соединений не покидают экосистему, по пищевым цепям они доходят до редуцентов и возвращаются ими к начальному состоянию минеральных соединений и простых молекул. Солнечная энергия, аккумулируемая зелеными растениями, обеспечивает жизнедеятельность всех организмов биоценоза.

Таким образом, потоки вещества и энергии обеспечивают целостность экосистемы — взаимосвязь ее организмов друг с другом и с природной средой. Основными условиями самовоспроизводства экосистемы являются:

- наличие в среде пищи и энергии (для автотрофов — солнечной, для хемотрофов — химической);
- способность существ к размножению;
- способность организмов воспроизводить химический состав и физические свойства природной среды (структуру почвы, прозрачность воды).



### Устойчивость экосистем

Природные экосистемы способны к длительному существованию. Даже при значительных колебаниях внешних факторов внутренние параметры сохраняют стабильность. Так, если количество осадков над лесом уменьшилось на 30%, количество зеленой массы может снизиться всего на 15%, а численность первичных консументов — лишь на 5%. Свойство экосистемы сохранять внутренние параметры называют устойчивостью. Стойкость к перенесению неблагоприятных условий зависит от выносливости организмов, их способности размножаться в широком диапазоне условий и усиливается возможностью перестройки цепей питания в богатых сообществах. Устойчивость экосистем падает с обеднением видового состава. Самые устойчивые — богатые жизнью тропические леса (свыше 8000 видов растений), достаточно устойчивы леса умеренной полосы (2000 видов), менее устойчивы тундровые биоценозы (500 видов), мало устойчивы экосистемы океанических островов. Еще менее устойчивы фруктовые сады, а посевные поля без поддержки человека вообще не могут существовать, они быстро зарастают сорняками и уничтожаются вредителями.

### Саморегуляция экосистем

Эффективность саморегуляции определяется разнообразием видов и пищевых взаимоотношений между ними. Если снижается численность одного из первичных консументов, то при разнообразии видов хищники переходят к питанию более многочисленными животными, которые раньше были для них второстепенными. Длинные цепи питания часто пересекаются, создавая возможность вариации пищевых отношений в зависимости от урожая растений, численности жертв и пр. Соотношение в цепи питания - 1:10 (Рисунок 8.6)

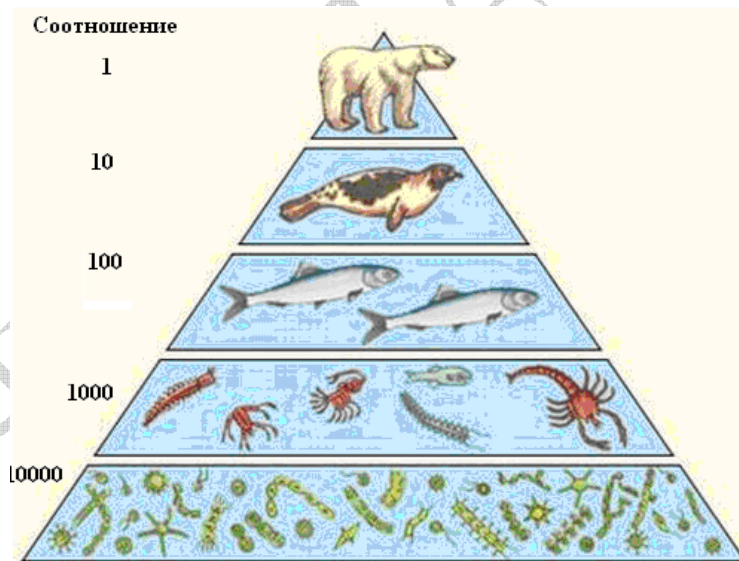


Рисунок 8.6 - Пищевая пирамида

### Энергия в экосистемах.

Экосистема - это совокупность живых организмов, **обменивающихся непрерывно энергией**, веществом и информацией друг с другом и с окружающей средой.

### Круговорот элементов в экосистеме

Откуда изначально берутся в живом веществе необходимые для построения организма компоненты? Их поставляют в пищевую цепь все те же продуценты. Неорганические минеральные вещества и воду они извлекают из почвы, CO<sub>2</sub> - из воздуха, и из образованной в процессе фотосинтеза глюкозы с помощью биогенов строят далее сложные ор-

ганические молекулы - углеводы, белки, липиды, нуклеиновые кислоты, витамины и т.п. Чтобы необходимые элементы были доступны живым организмам, они все время должны быть в наличии. В этой взаимосвязи реализуется закон сохранения вещества.

### **Воздействие человека на экосистему**

Воздействие человека на окружающую его природную среду может рассматриваться в разных аспектах в зависимости от цели изучения этого вопроса. С точки зрения экологии представляет интерес **рассмотрение воздействия человека** на экологические системы под углом зрения соответствия или противоречия действий человека объективным законам функционирования природных экосистем. Исходя из взгляда на биосферу как глобальную экосистему, все многообразие видов деятельности человека в биосфере приводит к изменениям: состава биосферы, круговоротов и баланса слагающих ее веществ; энергетического баланса биосферы; биоты. Направленность и степень этих изменений таковы, что самим человеком им дано название экологического кризиса. **Современный экологический кризис характеризуется следующими проявлениями:**

- постепенное изменение климата планеты вследствие изменения баланса газов в атмосфере;
- общее и местное (над полюсами, отдельными участками суши) разрушение биосферного озонового экрана;
- загрязнение Мирового океана тяжелыми металлами, сложными органическими соединениями, нефтепродуктами, радиоактивными веществами, насыщение вод углекислым газом;
- разрыв естественных экологических связей между океаном и водами суши в результате строительства плотин на реках, приводящий к изменению твердого стока, нерестовых путей и т.п.;
- загрязнение атмосферы с образованием кислотных осадков, высокотоксичных веществ в результате химических и фотохимических реакций;
- загрязнение вод суши, в том числе речных, служащих для питьевого водоснабжения, высокотоксичными веществами, включая диоксины, тяжелые металлы, фенолы;
- опустынивание планеты;
- деградация почвенного слоя, уменьшение площади плодородных земель, пригодных для сельского хозяйства;
- радиоактивное загрязнение отдельных территорий в связи с захоронением радиоактивных отходов, техногенными авариями и т.п.;
- накопление на поверхности суши бытового мусора и промышленных отходов, в особенности практически неразлагающихся пластмасс;
- сокращение площадей тропических и северных лесов, ведущее к дисбалансу газов атмосферы, в том числе сокращению концентрации кислорода в атмосфере планеты;
- загрязнение подземного пространства, включая подземные воды, что делает их непригодными для водоснабжения и угрожает пока еще мало изученной жизни в литосфере;
- массовое и быстрое, лавинообразное исчезновение видов живого вещества;
- ухудшение среды жизни в населенных местах, прежде всего урбанизированных территориях;
- общее истощение и нехватка природных ресурсов для развития человечества;
- изменение размера, энергетической и биогеохимической роли организмов, переформирование пищевых цепей, массовое размножение отдельных видов организмов;
- нарушение иерархии экосистем, увеличение системного однообразия на планете.

Пример экологической катастрофы биогеоценоза Аральского моря (Рисунок 8.7):



Рисунок 8.7 - Деградация Арала

В 1960 г. Аральское море в Центральной Азии было четвертым крупнейшим озером мира, а к 2007 г. оно уменьшилось до 10% от своих прежних размеров. Интенсивный и неэкономный полив пустынных земель вдоль рек Амударья и Сырдарья, питающих Арал, превратил приток в него пресной воды в ручейки. От прежнего моря остались три крупных водоема, и в двух из них вода настолько соленая, что даже исчезла рыба. Не стало и некогда процветавшего рыболовного флота. Бывшие прибрежные города поразили хозяйственный кризис. Открылись огромные участки сухого морского дна; ветер поднимает в воздух соль и ядовитые вещества, разнося их по густонаселенным районам, что вызывает у людей серьезные проблемы со здоровьем. Стоки с местных полей стали причиной отложений из пестицидов и различных других сельскохозяйственных ядохимикатов, появляющихся местами на 54 тыс. км<sup>2</sup> сухого морского дна, покрытого солью. Пыльные бури разносят соль, пыль и ядохимикаты на расстояние до 500 км. Бикарбонат натрия, хлорид натрия и сульфат натрия переносятся по воздуху и уничтожают или замедляют развитие естественной растительности и сельскохозяйственных культур. Местное население страдает от большой распространенности респираторных заболеваний, анемии, рака горл, пищевода, а также расстройств пищеварения. Участились заболевания печени и почек, глазные болезни.

В 2001 г. в результате ухода воды остров Возрождения соединился с материком. На этом острове Советский Союз испытывал бактериологическое оружие: возбудители сибирской язвы, туляремии, бруцеллёза, чумы, тифа, оспы, а также ботулинический токсин. Эти заболевания проверялись здесь на лошадях, обезьянах, овцах, ослах и других лабораторных животных. Это является причиной опасений того, что смертельно опасные микроорганизмы сохранили жизнеспособность, и могут распространиться в другие регионы.

Печальную судьбу Арала начинают повторять другие крупные водоемы мира — в первую очередь озеро Чад в Центральной Африке и озеро Солтон-Си на юге американского штата Калифорния. Опыт, связанный с потерей, а затем с частичным восстановлением Аральского моря, может пойти всем на пользу.

Чтобы уменьшить негативное воздействие на экосистемы, необходимо обратить внимание на принципы, определяющие устойчивое развитие, а именно:

- стабилизация численности населения;
- переход к более энерго и ресурсосберегающему образу жизни;
- развитие экологически чистых источников энергии;
- создание малоотходных промышленных технологий;
- рециклизация отходов;
- создание сбалансированного сельскохозяйственного производства, не истощающего почвенные и водные ресурсы и не загрязняющего землю и продукты питания;
- сохранение биологического разнообразия на планете.

### Сукцессия экологической системы

**Экологическая сукцессия** - это процесс направленного развития экосистемы, протекающий через последовательное замещение простого сообщества более сложным, с более богатым биологическим разнообразием, с более сложной пространственной и трофической структурой, в результате которого экосистема становится более устойчивой.

Выделяют следующие виды и **типы сукцессий** экологических систем:

**Первичные сукцессии** - начинаются на безжизненных, лишенных жизни субстратах (скальные породы, продукты извержения вулкана) и в процессе их протекания формируются не только фитоценозы, но и почвы (Рисунок 8.8).

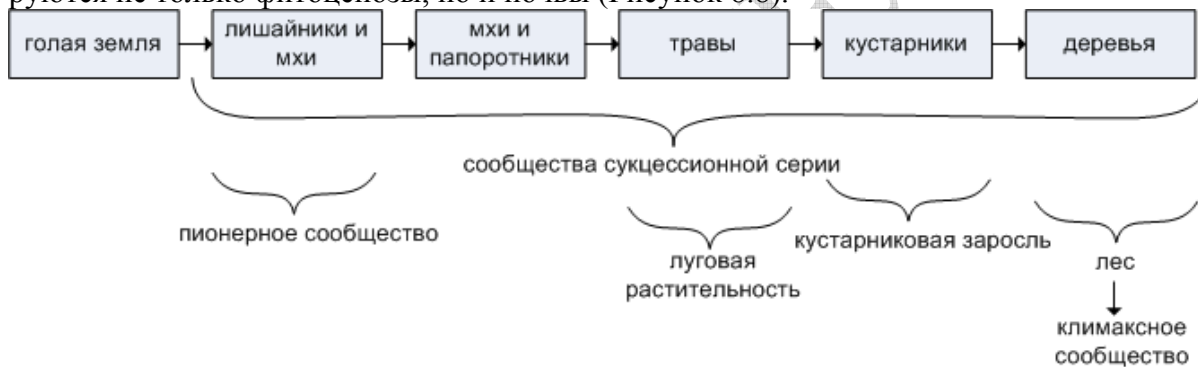


Рисунок 8.8 - Первичная сукцессия

**Вторичные сукцессии** - возникают на месте нарушенных или разрушенных климаксных экосистем (после пожара, вырубке леса, засухи и т.д.) (Рисунок 8.9). Протекают гораздо быстрее первичных, так как начинаются с промежуточных стадий. Вторичная сукцессия возможна только тогда, когда человек не оказывает сильного и постоянного влияния на развивающуюся экосистему.

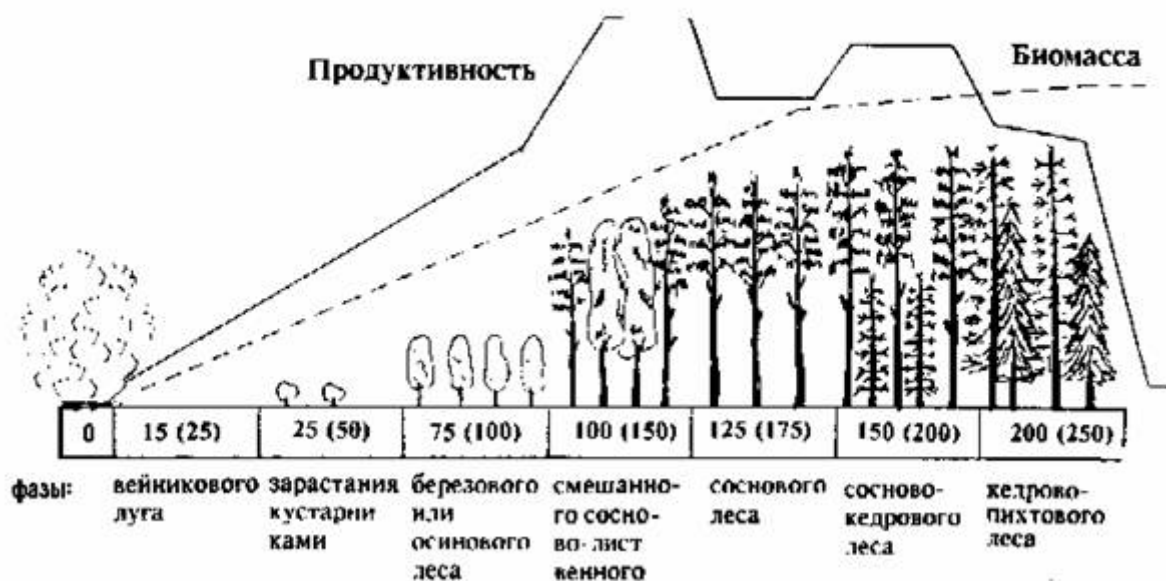


Рисунок 8.9-Вторичная сукцессия

#### Характерные признаки сукцессии:

1. Происходит под действием биотического компонента экосистемы, так как биотическое сообщество изменяет физическую среду обитания и благодаря этим изменениям устанавливаются определенная скорость сукцессии, ее характер и пределы протекания.
2. Упорядоченное развитие экосистемы, связанное с изменением видовой структуры сообщества.
3. Протекает до тех пор, пока экосистема не станет стабилизированной, то есть когда на единицу потока энергии приходится максимальная биомасса и максимальное количество межвидовых взаимодействий. Это состояние называют **климаксом**.
4. В ходе сукцессии экосистема проходит через определенные промежуточные стадии развития, каждой из которых отвечает свой биоценоз. Эта последовательность - так называемый сукцессионный ряд (серия).

**Гетеротрофная сукцессия:** происходит в субстратах, в которых отсутствуют живые растения (продуценты) и в которых участвуют только животные (гетеротрофы), а также мертвые растения. Эти сукцессии протекают только до тех пор, пока присутствует запас органического вещества. После его окончания сукцессионный ряд заканчивается, экосистема распадается.

**Деструктивные сукцессии** - не завершаются конечным климаксным состоянием. Воздействие человека на экологическую систему часто приводит к упрощению экосистемы - то есть **депрессии**. Смена сообществ в результате депрессии завершается не климаксными сообществами с более сложной структурой, а стадиями катациноза, которые часто заканчиваются полным распадом экосистемы.

**Катастрофическая сукцессия** - вызывается какой-либо природной или антропогенной катастрофой.

#### Закономерности сукцессионного процесса:



1. На начальных стадиях видовое разнообразие незначительно, продуктивность и биомасса малы, по мере развития сукцессии показатели возрастают.
2. По мере развития сукцессии число биотических взаимоотношений возрастает, причем наиболее сильно увеличивается число симбиотических отношений. Усложняются цепи, сети питания.
3. Уменьшается количество свободных экологических ниш. В климаксном сообществе они или отсутствуют, или находятся в минимальном количестве.
4. Интенсифицируются процессы круговорота веществ, энергии и дыхания экосистемы.
5. Каждый последующий этап сукцессии длится дольше предыдущего, характеризуется более высоким значением отношения биомассы к величине потока энергии, а также своими видами-доминантами.
6. Скорость сукцессии сильно зависит от продолжительности жизни тех организмов, которые влияют на функционирование экосистемы (автотрофов).
7. Продолжительность последних стадий сукцессии велика, однако динамические процессы при этом не приостанавливаются, а лишь замедляются. Большая часть процессов на этих стадиях - динамические, циклические процессы.
8. В зрелой стадии климаксного сообщества биомасса экосистемы достигает максимума или близких к максимуму значений, однако в самом климаксном сообществе продуктивность несколько ниже. Это объясняется тем, что в климаксном сообществе максимум первичной продукции потребляется консументами; что экосистема развивает большую зеленую массу, в результате чего освещенность падает, интенсивность фотосинтеза уменьшается, затраты на дыхание увеличиваются.

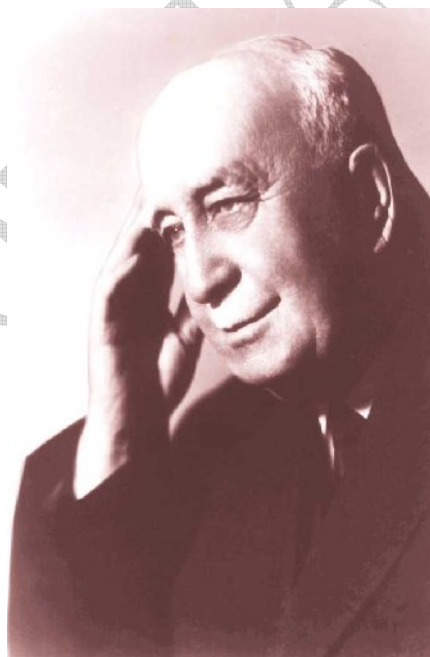


Рисунок 8.10 - Сукачев Владимир Николаевич

Родился 26 мая (7 июня) 1880 года в селе Александровка Харьковской губернии. В 1898 году окончил Харьковское реальное училище. В 1902 году окончил Лесной институт в Петербурге. В 1919—1941 годах возглавлял созданную им кафедру дендрологии и систематики растений Лесного института. В 1941—1943 годах заведовал кафедрой биологических наук Уральского лесотехнического института в Свердловске.



В 1944—1948 годах — профессор Московского лесотехнического института, в 1946—1953 — профессор Московского университета, заведующий кафедрой ботанической географии.

В системе Академии наук СССР организовал:

- Институт леса (1944, ныне Институт леса и древесины Сибирского отделения АН СССР, Красноярск), которым руководил до 1959 года
- Лабораторию лесоведения Академии наук СССР (1959)
- Лабораторию биогеоценологии при Ботаническом институте Академии наук СССР (1965).

В 1955—1967 годах — президент Московского общества испытателей природы, член-учредитель (1915) Всероссийского ботанического общества и с 1946 года его президент (с 1964 года — почётный президент). Член Польской Академии наук (1959), член-корреспондент Чехословацкой земледельческой академии (1927). Умер 9 февраля 1967 года в Москве.

### **Награды**

- Герой Социалистического Труда (1965)
- Три ордена Ленина
- Другие ордена и медали
- Золотая медаль имени Н. М. Пржевальского
- Золотая медаль имени П. П. Семёнова-Тян-Шанского
- Золотая медаль имени В. В. Докучаева (1951) — «За творческое развитие научных идей В. В. Докучаева о взаимосвязях и взаимозависимостях между почвой, растительностью и другими природными условиями, а также за плодотворную деятельность по организации научных работ по защитному лесоразведению»

## 9 ПРОДУКТИВНОСТЬ ЭКОСИСТЕМ

Весь запас энергии сосредоточен в массе органического вещества - биомассе, поэтому интенсивность образования и разрушения органического вещества на каждом из уровней определяется прохождением энергии через экосистему (биомассу всегда можно выразить в единицах энергии). Скорость образования органического вещества называют продуктивностью. Различают **первичную и вторичную продуктивность**. В любой экосистеме происходит образование биомассы и ее разрушение, причем эти процессы всецело определяются жизнью низшего трофического уровня - продуцентами. Все остальные организмы только потребляют уже созданное растениями органическое вещество и, следовательно, общая продуктивность экосистемы от них не зависит. Высокие скорости продуцирования биомассы наблюдаются в естественных и искусственных экосистемах там, где благоприятны абиотические факторы, и особенно при поступлении дополнительной энергии извне, что уменьшает собственные затраты системы на поддержание жизнедеятельности.

Для обеспечения энергией всех особей сообщества живых организмов экосистемы необходимо определенное количественное соотношение между **продуцентами, консументами** разных порядков, **детритофагами и редуцентами**.

**Биологическая продуктивность** - экологическое и общебиологическое понятие, обозначающее воспроизведение биомассы растений, микроорганизмов и животных, входящих в состав экосистемы (в более узком смысле — воспроизведение диких животных и растений, используемых человеком).

Продукция (P) каждой популяции за определённое время представляет собой сумму приростов всех особей, включающую прирост отделившихся от организмов образований (B) и прирост особей, устранённых (элиминированных) (E) по тем или иным причинам из состава популяции за рассматриваемое время:

$$P = |B_2 - B_1| + E.$$

В предельном случае, если нет элиминации и все особи доживают до конца изучаемого периода, продукция равна приросту биомассы. Если же начальная ( $B_1$ ) и конечная ( $B_2$ ) биомассы равны, то это означает, что прирост компенсирован элиминацией, т. е. что при этом условии продукция (P) равна элиминации (E). В общем случае

Продукцию автотрофных организмов, способных к фото- или хемосинтезу, называют **первичной продукцией**, а сами организмы — **продуцентами**.

Продукцию гетеротрофных организмов обычно относят к **вторичной продукции**, а сами организмы называют **консументами**.

Возрастающие потребности и растущая техническая мощь человечества быстро увеличивают возможности его влияния на живую природу. Возникает необходимость **управления экосистемами**. Все средства влияния на Б. п. экосистем и управления ею направлены либо на **повышение полезной первичной продукции** (разные: формы удобрения, мелиорации, регулирования численности и состава потребителей первичной продукции и пр.), либо на **повышение эффективности утилизации первичной продукции** на последующих трофических уровнях в нужном для человека направлении. Это требует хорошего знания видового состава и структуры экосистем и экологии отдельных видов. Наибольшие перспективы имеют такие формы хозяйственной эксплуатации живой природы и управления ею, которые основаны на знании особенностей местных экосистем и характерных для них форм Б. п.

Оценки продуктивности особенно важны для сельского хозяйства. На примере возделывания сои можно посмотреть каким образом распределяется первичная валовая продукция урожая сои. Около 25 % расходуется на дыхание, 5% потребляются симбиотиче-

скими микроорганизмами, 5 % потребляют насекомые-вредители (с учетом использования пестицидов), 32 % выносятся из данной экосистемы человеком (собственно урожай бобов сои), оставшиеся 33 % в стеблях, листьях и корнях разлагаются в почве и подстилке. По отношению к экосистеме урожай, собранный человеком, является утечкой энергии, обедняющей экосистему.

Столь высокое отношение чистого урожая к валовому продукту достигается только за счет дополнительных вложений энергии, затрачиваемой на обработку земли, орошение, удобрение, селекцию, борьбу с вредителями и т.п. Всякое дополнительное вложение энергии, увеличивающее продуктивность экосистемы, называется **энергетической субсидией**.

Возможность получать высокие урожаи, совершенно невысказанные еще 100 лет назад, человек обеспечил только за счет энергетических субсидий в искусственно созданные им экосистемы (агроценозы). При этом он селекционировал новые высокоурожайные сорта сельскохозяйственных культур, выращивание которых оправдано только при наличии таких субсидий. Это, кстати, является причиной некоторых неудач при попытках возделывать такие сорта в бедных странах. В США, например, не каждую калорию полученной пищи вкладывается примерно 10 калорий энергии топлива. Для удвоения урожая дополнительные поступления энергии необходимо увеличить в 10 (!) раз.

Все искусственные экосистемы характеризуются тем, что определенное количество продукции изымается из экосистемы человеком. Если не возмещать эти потери в форме энергетических субсидий, то рано или поздно экосистема деградирует.

Для биосферы концентрация жизни подчиняется так называемому “краевому эффекту”: наибольшая концентрация жизни приурочена обычно к границам сред жизни.

Среди наиболее типичных природных локальных сгущений жизни в океане, вызванных краевым эффектом, можно выделить следующие:

1. Прибрежные зоны океана (Рисунок 9.1).

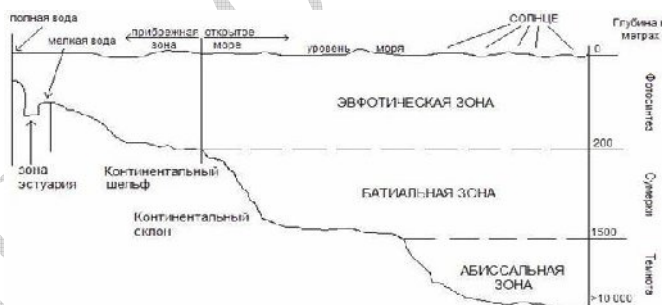


Рисунок 9.1 - Прибрежная зона океана и эстуарий

2. Апвеллинговые зоны.

Процесс апвеллинга (Рисунок 9.2) состоит в поднятии на поверхность холодной глубинной воды, богатой накопленными хорошо перемешанными питательными веществами. Обычно это происходит там, где ветры постоянно отгоняют поверхностную воду от крутого берегового склона. При этом в океане формируются особого рода циклонические течения, омывающие берега континентов. Эти зоны наиболее интенсивно используются для промысла рыбы. Интересно, что прибрежные районы суши из-за преобладания ветров, дующих в сторону моря и уносящих влагу с суши, представляют собой зачастую пустыни.

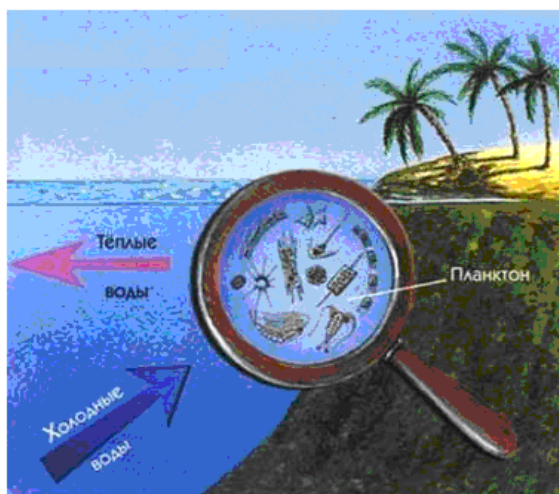


Рисунок 9.2 - Апвеллинг

### 3. Коралловые рифы.

Система кораллового рифа (Рисунок 9.3) формируется на основе некоторых водорослей и кишечнополостных животных, эволюционировавших совместно друг с другом. В результате возникает эффективный механизм круговорота элементов питания, позволяющий всей системе поддерживать очень высокую продуктивность в водах со сравнительно низким содержанием этих элементов. Обычно они формируются в районах с благоприятным температурным режимом. Они характеризуются огромным видовым разнообразием и богатством разного рода симбиозов, благодаря чему в них очень высок показатель продуктивности.



Рисунок 9.3 - Коралловые рифы

### 4. Саргассовые сгущения.

Создаются большими массами плавающих водорослей, чаще всего саргассовых (в Саргассовом море) или филлофорных (в Черном море).

#### 5. Рифтовые глубоководные сгущения.

Эти сгущения открыты только в 70-х годах. Они существуют в полной темноте в местах выхода горячей воды из разломов дна (рифтов) (Рисунок 9.4), богатой минеральными солями и серой. Основным поставщиком первичной продукции для этих экосистем являются хемосинтезирующие серобактерии, высвобождающие энергию из соединений серы. Крупные многоклеточные организмы либо питаются этими бактериями, либо эти бактерии обитают у них в кишечнике, образуя уникальный симбиоз, характерный, по видимому, для древнейшей жизни, развивавшейся за счет собственной энергии Земли. Об этой жизни мы знаем пока еще очень мало. Однако накопилось уже достаточно разного рода сенсационных сообщений, которые требуют тщательной проверки, о возможном наличии в этих экосистемах высокоорганизованных форм жизни.

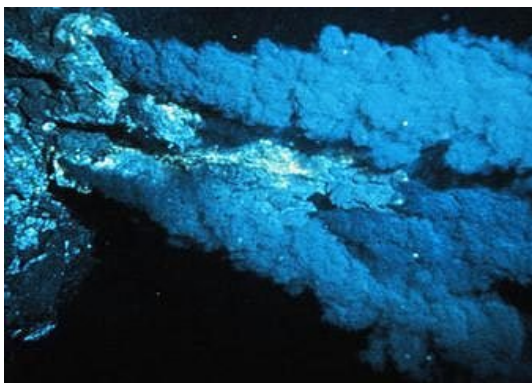


Рисунок 9.4 - Рифтовые «черные курильщики»

На суше также можно выделить ряд локальных сгущений жизни, связанных с краевым эффектом:

#### 1. Экосистемы тропических и субтропических берегов морей.

Их высокая продуктивность связана с оптимальным достаточно стабильным температурным режимом и высокой влажностью. Особенно богаты эти экосистемы в случае, если от континентальной области их отделяют горы, не выпускающие тучи за пределы этих зон (Рисунок 9.5).



Рисунок 9.5 - Экосистема тропического побережья

#### 2. Экосистемы пойм рек, периодически заливаемые во время разливов.

Эти поймы хорошо удобряются илом, а вместе с ним органическими и биогенными веществами. Особенно продуктивны дельты рек, в которых из-за приносимого со всего



водосборного бассейна вещества, в том числе и питательного, образуются целые острова (Рисунок 9.6).



Рисунок 9.6 - Экосистема поймы Волги

### 3. Экосистемы небольших прудов и озер.

Особенно продуктивен пруд, расположенный, например, на краю лесной поляны. Наличие водоема способствует стабилизации баланса грунтовых вод в окрестности водоема, смягчает микроклимат, благотворно влияя на окружающую растительность. В то же время лес снабжает пруд питательными веществами (опавшие листья, сучья и т.п.). Поляна же обеспечивает наиболее благоприятные условия для существования животных, главным образом птиц и насекомых, личинки которых развиваются в пруду. Приходящие на водопой крупные животные удобряют поляну своими экскрементами.

Особо следует отметить **экосистемы влажных тропических и субтропических лесов**, расположенных в континентальной зоне. Хотя краевой эффект здесь проследить труднее, тем не менее они обладают продуктивностью, практически не уступающей продуктивности кораллового рифа. Секрет здесь тот же, что и в системах коралловых рифов, а именно: высокий коэффициент эмерджентности ввиду большого количества симбиотических связей. Другими словами, **тропический лес представляет собой отлаженный организм, способный существовать даже в условиях бедности свежих поступлений питательных веществ, жизнь которого мало зависит от “превратностей” внешней среды.**

### **Продуктивность искусственной экосистемы**

Человек издавна пытался с разными целями имитировать в миниатюре природные **экосистемы**, помещая в замкнутые сосуды различные **организмы**, которые могли бы существовать все вместе только за счет солнечного света. Как правило, такие попытки оканчиваются рано или поздно неудачей. Многим известно, сколько хлопот доставляет обыкновенный **аквариум**: обычная ошибка большинства любителей в том, что они пытаются поместить слишком много рыб в маленьком объеме. К сожалению, рыбам и людям требуется намного больше пространства, чем кажется на первый взгляд.

В Институте биофизики г. Красноярска с шестидесятих годов ведутся исследования по созданию замкнутых экосистем ограниченного объема, включающих человека. Так, к примеру, в течение пяти месяцев два испытателя жили в комплексе "Биос-3" (Рисунок 9.7), объем которого составлял  $300 \text{ м}^3$ , где среда обитания непрерывно регенерировалась культурой растений, занимающих общую площадь  $63 \text{ м}^2$ . В среднем в сутки на человека вырастало 300 г зерна пшеницы, 100 г сухих клубней чумы (земляной миндаль: внешне похож на дикую осоку, на корневищах находятся вкусные клубеньки-орешки, напоминающие миндаль), зелень, корнеплоды, томаты, огурцы. Потребности испытателей в



растительных белках и жирах, во всех углеводах, кроме сахара, и витаминах растительно-го происхождения удовлетворялись полностью.

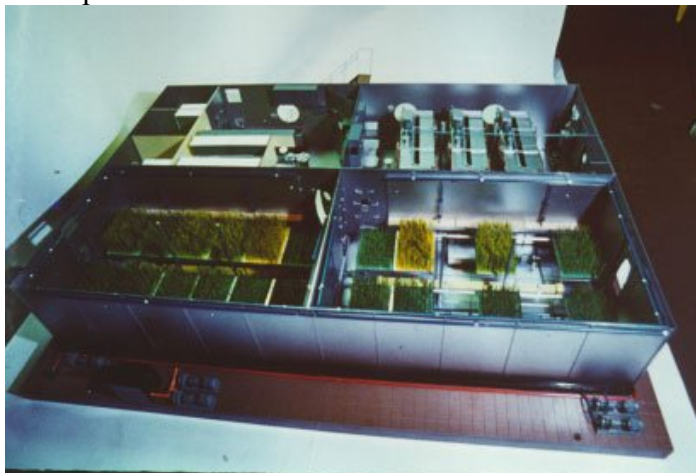


Рисунок 9.7 - Комплекс Биос -3

Обитая в **биосфере**, человек до сих пор может позволить себе загрязнять атмосферу, так как на  $1 \text{ м}^2$  площади обитания у него приходится 10 тыс. кг **воздуха**. В искусственных экосистемах отношение объема воздуха к площади обитания в тысячи раз меньше, что создает почти непреодолимые трудности.

Наиболее сложная на сегодняшний день искусственная экосистема -американский комплекс "Биосфера-2", включающий более тысячи видов растений и животных и 8 испытателей (Рисунок 9.8). Эксперимент длился два года с сентября 1991-93 г.г.

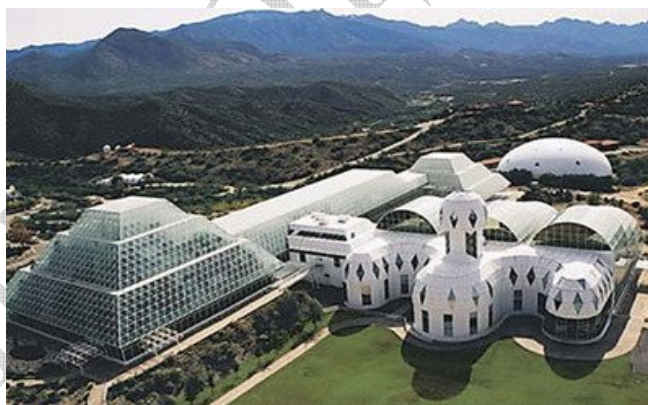


Рисунок 9.8 - Комплекс Биосфера 2



### Рисунок 9.8а - Блок саванна

Эту уникальную систему построили в американском штате Аризона, рядом с городом Оракл и назвали ее "BIOSPHERE-2" - Биосфера-2. Имеется в виду, что Биосфера 1 - это наша Земля. Биосфера 2 - это грандиозная и величественная конструкция из стекла и армированной стали, занимает площадь 1.27 гектара, объем атмосферы, заключенной в ней 203 760 кубических метра. Биосфера 2 включала в себя свыше 3.000 разновидностей растений и животных, семь биомов - дождевой лес, саванну, пустыню, болото, даже маленький океан с коралловым рифом, интенсивное сельское хозяйство и апартаменты для людей. Биомы разделены между собой пластмассовыми щитами. Гигантские "легкие" регулировали внутреннее давление таким образом, чтобы оно соответствовало наружному - это сводит к минимуму утечки воздуха. В результате за год происходила замена всего лишь 10 процентов атмосферы "Биосферы-2" и по этому показателю она не имеет себе равных: ее герметичность в 50 раз выше, чем у комплекса "Спейс Шаттл" НАСА.

Специальные группы ученых собирали по всей Земле виды животных и растений для заселения Биосферы 2, подбирали образцы почвы, тщательно следя за тем, чтобы все там было биологически сбалансировано. Биосфера 2 была достаточно велика, чтобы поддерживать всю экосистему в равновесии и в то же время достаточно мала, чтобы все процессы, происходящие в ней было легко исследовать.

Биосфера 2 была разработана специально для того, чтобы в ней могли жить люди, причем абсолютно изолированно от остального мира: ни пища, ни воздух, ни вода, ни какое-либо другое вещество не проникает внутрь и ничто не уходит наружу, кроме солнечного света, электричества и информации по проводам. Даже "дно" изолировано от земли, на которой она стоит, специальными герметично сваренными железными листами, а для поддержания постоянного давления воздуха внутри Биосферы 2, колебания которого происходили из-за изменения температуры (днем и ночью) предусмотрены гигантские мембраны-легкие. Утечка воздуха из всей конструкции составляла не более 10% за год.

Сложные технические устройства создавали: течения в "океане", тропические дожди, морской прибой и эмитировали другие природные явления, а множество специальных датчиков постоянно определяли температуру, содержание тех или иных элементов в почве, воде и воздухе внутри Биосферы 2, записывая эти параметры для дальнейших исследований. На специальном участке интенсивного сельского хозяйства при помощи особых методов возделывались культуры, которые служили пищей для людей - ведь другой еды им взять было неоткуда. Помимо земледелия, жители Биосферы-2 занимались скотоводством. У них были козы, курицы, и даже поросята. Причем это были особые животные, приспособленные к суровым условиям. Например, курицы были дикой породы из Индии - они были приспособлены к жизни в тропиках (высокая температура и влажность) и могли питаться отходами. Однако очень скоро животные погибли и их пришлось съесть. Но сорок шесть видов растительной пищи позволяли с оптимизмом смотреть в будущее. Через некоторое время биосферианам стало не хватать пищи, и здесь оказалось, что проблемы внутри Биосферы-2 очень напоминают земные. Площадь участка, где возделывались культуры была относительно небольшой, а погода в Аризоне в течение 2-х лет эксперимента была рекордно дождливой и пасмурной, растениям не хватало солнечного света и вследствие этого, плохие урожаи, нехватка еды. В Биосфере-2 нельзя использовать пестициды - из-за замкнутости биологических циклов внутри, можно отравить все живое, поэтому вредители чувствовали себя вольготно, и съедали иногда значительную часть урожая. Нехватка калорийной пищи привела к попыткам рационирования распределения продуктов питания, а вопрос о выращивании большего количества еды выходил на первый план. В Биосфере-2 для выращивания продуктов был отведен особый участок, а вся другая поверхность должна была оставаться "дикой". Сразу возникла идея вырубить часть

дикой природы и использовать освободившиеся место для выращивания дополнительной пищи. Но другие считали, что дикая природа имеет собственную ценность и весь видовой состав должен быть оставлен без изменений.

Нехватка калорий приводила к тому, что у ученых не хватало энергии для выращивания пищи, - а ведь это тяжелый физический труд. Еды становилось все меньше.

Получался замкнутый круг. Кончилось тем, что в джунглях высадили все же немного бананов и папайя. Уплотнили посадку зерновых, засадив каждый сантиметр участка, отведенного для агрокультур, а распределение еды продолжили.

Явления в природе также были достаточно интересны и непредвиденны. К примеру, над пустыней на стеклянной крыше Биосферы-2 по утрам конденсировалась вода, и на пустыню выпадал дождь. Его невозможно было ликвидировать, и поэтому пустыня стала не такой пустынной, как планировалось сначала - на ней стали произрастать растения.

Предусмотрев течения в "океане", создатели Биосферы-2 не предусмотрели ветер, а он, как оказалось, очень важен для растений, под его действием качаются деревья, что укрепляет их ствол. Без ветра ствол и ветви акаций, растущих в Биосфере-2, стали хрупкими и начали обваливаться под собственной тяжестью. Почему-то развелось много муравьев - хотя никто не планировал первоначально привносить их в систему.

Были трудности и посерьезнее: содержание кислорода за два года уменьшилось с 21% до 14%, у участников эксперимента начались головные боли, понизилась трудоспособность.

Но как, ни странно, жизнь в изоляции от остального мира пошла людям на пользу: они ведь два года ели экологически чистую пищу, не травились ядохимикатами, не ели много жиров. После выхода из Биосферы-2 обнаружилось, что уровень холестерина в крови заметно снизился, а сами «биосферриане» не могли привыкнуть к обычной пище - она им казалась какой-то искусственной, безвкусной. В итоге попытка создания аналога Земной биосферы провалилась. Все предпринятые попытки поднять концентрацию кислорода в воздухе закончились неудачно. Комплекс впоследствии стали использовать как биологический и экскурсионный объект.



Рисунок 9.9 - Экосфера искусственная

В реальности очень тяжело создать самодостаточную систему цикла превращения веществ в замкнутом пространстве. Как бы там ни было, а благодаря исследованиям по замкнутым экосистемам для длительных космических полетов была придумана так называемая «экосфера». Она представляет собой наглухо запаянный стеклянный шар, где живет масса живых существ. Жизнь в шаре продолжается многие годы без какого-либо вмешательства человека: не нужен полив, питание, воздух. Лишь свет. По сути, «экосфера» является миниатюрой нашей Земли. Эти живые существа могут бесконечно долго обеспе-

чить друг другу круговое питание до тех пор, пока их мир будет освещаться светом: благодаря свету растут водоросли, при этом поглощая углекислый газ и насыщая воду кислородом, которым дышат креветки. Креветки поедают водоросли и бактерии, выделяя при дыхании углекислый газ, а бактерии в свою очередь, питаются продуктами жизнедеятельности креветок и также выделяют углекислый газ, необходимый для водорослей. Благодаря американской компании Ecosphere Associates, получившей технологию от NASA, есть возможность приобрести крошечный мир в шаре за 80 - 500 долларов, в зависимости от размера.

Отличия искусственной экосистемы от естественной:

1. небольшое число видов (например, пшеница и некоторые виды сорных растений на пшеничном поле и связанные с ними животные);
2. преобладание организмов одного или нескольких видов (пшеница в поле);
3. короткие цепи питания из-за небольшого числа видов;
4. незамкнутый круговорот веществ вследствие значительного выноса органических веществ и изъятия их из круговорота в виде урожая;
5. невысокая устойчивость и неспособность к самостоятельному существованию без поддержки человека.

Агроценозы. В биосфере помимо естественных экосистем существуют и искусственные, созданные хозяйственной деятельностью человека. Такие искусственно созданные человеком сообщества называют агроценозами (от греч. agros — поле).

Агроценоз, или агробиоценоз, (сельскохозяйственная экосистема) — созданное и регулярно поддерживаемое человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции сообщество. К агроценозам относятся поля, пастбища, огороды, сады, зеленые насаждения, крупные животноводческие комплексы с прилегающими пастбищами и т.д.

Характерная особенность агроэкосистемы — малая экологическая устойчивость, но высокая урожайность одного или нескольких видов растений (или сортов культивируемого растения) или животных. Основные черты агроценоза определяет человек, заинтересованный в получении максимального количества сельскохозяйственной продукции.

### **Моделирование экологических систем и процессов**

Для изучения процессов, происходящих в экологических системах, используется как математическое, так и имитационное моделирование. В экологическом моделировании можно выделить два основных направления:

- а) моделирование взаимодействия организмов друг с другом и с окружающей средой ("классическая" экология);
- б) моделирование, связанное с состоянием окружающей среды и ее охраной (социальная экология):

- моделирование загрязнения окружающей среды
- моделирование последствий экологических катастроф

Оба направления представлены большим количеством разработанных моделей.

Модели помогают выделить суть или объединить и выразить с помощью нескольких параметров важные разрозненные свойства большого числа уникальных наблюдений, что облегчает экологу анализ рассматриваемого процесса или проблемы.

Модели выступают в качестве "общего языка", с помощью которого может быть описано каждое уникальное явление; относительные свойства таких явлений становятся более понятными.

Модель может служить образцом "идеального объекта" или идеализированного поведения, при сравнении с которым можно оценивать и измерять реальные объекты и процессы:

- моделирование водных экосистем (трансформации компонент экосистемы, образования и превращения веществ, потребления, роста и гибели организмов);
- моделирование продукционного процесса растений (для выбора оптимальной стратегии проведения сельскохозяйственных мероприятий: орошения, полива, внесения удобрений, выбора сроков посева или посадки растений с целью получения максимального урожая);
- моделирование лесных сообществ (используются как для описания лесных массивов на больших пространственных и временных масштабах, так и для моделирования популяций, в которых основным объектом является отдельное дерево);
- моделирование загрязнения атмосферы и поверхности земли промышленными выбросами (перенос загрязняющих веществ, ущерб, наносимый здоровью населения, сельскохозяйственным угодьям, лесным массивам, почве, затраты на восстановление окружающей среды и т.д.);
- глобальные модели, в которых Земля рассматривается как единая экосистема. Наиболее известные модели такого рода — "ядерная зима" (катастрофические последствия ядерной войны), глобальное потепление (парниковый эффект вследствие промышленной деятельности человечества) и т.д.

Привлечение компьютеров существенно раздвинуло границы моделирования экологических процессов. С одной стороны, появилась возможность всесторонней реализации сложных математических моделей, не допускающих аналитического исследования, с другой — возникли принципиально новые направления (например, имитационное моделирование).



## 10 ЧЕЛОВЕК КАК БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВИД

Человек – один из представителей царства животных, класса млекопитающих, семейства гоминид.

Долгое время считалось, что эволюция человека была более-менее линейной: одна форма сменяла другую, и каждая новая была прогрессивнее, ближе к современному человеку, чем предыдущая.

Сейчас ясно, что все было гораздо сложнее. Эволюционное древо гоминид оказалось весьма разветвленным. Временные интервалы существования многих видов сильно перекрываются. Иногда несколько разных видов гоминид, находящихся на разных "уровнях" близости к человеку, сосуществовали в одном и том же биотопе (напр., *Homo ergaster* и *Paranthropus boisei*).

Ситуация, когда семейство гоминид представлено одним-единственным видом *Homo sapiens* (как сейчас) - в принципе нетипична. Например, еще в сравнительно недавнем прошлом - всего-навсего 50 тысяч лет назад - на Земле существовало как минимум целых 4 вида гоминид: *Homo sapiens*, *H. neandertalensis*, *H. erectus* и *H. floresiensis*.

Эволюционные линии, ведущие к человеку и шимпанзе (самый близкий родственник человека), разделились (по молекулярным данным) примерно 5,5 - 6,5 млн. лет назад (или, возможно, несколько раньше - до 8 млн. лет). "Человеческая" линия, или семейство *Hominidae*, характеризуется важнейшим общим признаком - бипедализмом (хождением на двух ногах). Понятно, что переход к двуногому хождению был связан с существенными изменениями образа жизни.



Рисунок 10.1 - Сахелантроп (*Sahelanthropus tchadensis*)

1. Останки одной из самых древних гоминид найдены в пустынных землях северного Чада, недалеко от южного края Сахары. Превосходно сохранившийся череп, датированный возрастом в 6–7 млн. лет, найден в 2001 г. в месте, называемом Торос-Менелла, в пустыне Дьюраб. Лицевая часть черепа совмещает как весьма примитивные, так и относительно продвинутое черты (в частности, достаточно слабые клыки), а зубы его заметно отличаются от других находок. Размер головного мозга очень небольшой (~ 350 см.куб.), а черепная коробка удлинена, что характерно, скорее, для обезьян.

В июле 2002 г. международная команда из 38 учёных описала по ним новый род и вид гоминид *Sahelanthropus tchadensis* (Рисунок 10.1). Анализ окаменелостей, собранных вместе с сахелантропом, позволяет утверждать, что некогда здесь был берег большого озера, вокруг которого лежала саванна, переходящая в песчаную пустыню. После этой находки стало ясно, что древнейшие гоминиды были распространены в Африке значительно шире, чем это ещё недавно можно было предполагать.





Рисунок 10.2 - Человек Миллениума (*Orrorin tugenensis*)

2. Другая древнейшая двуногая гоминида обнаружена 25 октября 2000 года при раскопках в Кении неподалеку от Great Rift Valley (Aiello & Collard, 2001). Останки существа, получившего прозвище Человек Миллениума, но официально названного *Orrorin tugenensis* (Рисунок 10 2), состоят из костей как минимум пяти особей и находились в толще горных пород, возраст которых превышает 6 миллионов лет. По своим размерам данный вид схож с современными шимпанзе. Судя по останкам скелетов, можно предположить, что он проворно лазил по деревьям, а также передвигался по земле на нижних конечностях. Строение зубов подсказывает, что данный вид питался растительной пищей, типичной для обезьян, однако уменьшенные резцы и крупные коренные зубы свидетельствуют об эволюционных тенденциях, согласующихся с человеческой эволюцией.

3. В 1997-2000 гг. в долине Аваш (Awash) в Эфиопии найдены остатки *Ardipithecus* из миоценовых времён (5,2–5,8 млн лет назад). Они весьма походили на известного ранее *A. ramidus* (4,4 млн лет назад) – (Рисунок 10 3), но всё же имелось и заметное количество отличий. Сначала (2001 г.) кости были описаны как новый подвид *Ardipithecus ramidus kadabba* (“кадабба” на афарском языке значит “основатель рода”), позже были описаны новые находки, на основании которых этой форме придан статус самостоятельного вида. Найдена челюсть с зубами, несколько фрагментов костей рук и ног, и один палец ноги, строение которого свидетельствует о двуногом хождении. Позже найдено еще несколько зубов. Данный вид жил в лесу, а не в саванне.



Рисунок 10.3 - Ардипитек (*Ardipithecus ramidus*)

4. Следующим из ранних гоминид является обнаруженный на территории Эфиопии *Ardipithecus ramidus*, который жил 4,4 миллиона лет назад (Woldegabriel, Haile-Selassie, Renne, Hart, Ambrose, Asfaw, Heiken & White, 2001; White, Suwa & Asfaw, 1994). Останки

данного вида были обнаружены там, где предположительно произрастали леса, но эти существа могли быть двуногими. Тот факт, что и оррорин, и ардипитек жили в сравнительно влажных и лесистых средах обитания, ставит под вопрос теорию о том, что экологические изменения послужили толчком для человеческой эволюции, вытолкнув ранних гоминид на открытые саванны, где бипедализм давал ключевое адаптивное преимущество. Зубы ардипитека, хотя и имеют больше сходства с человеческими, чем зубы шимпанзе, все же в основе оставались обезьяньими. Возможно, что в меню ардипитека отсутствовали мягкие листья и богатые волокнами плоды.

5. Вслед за ардипитеком около 4,2 миллиона лет назад (по последним уточненным данным - между 4,17 и 4,12 млн. лет) появился *Australopithecus anamensis* (Рисунок 10 4). Строение костей его ног позволяет предположить, что этот австралопитек был двуногим, однако по строению зубов и челюстей он очень схож с более поздними ископаемыми обезьянами. По некоторым признакам зубов этот вид является промежуточным между *Ardipithecus ramidus* и *Australopithecus afarensis*. Авторы находки убеждены, что этот вид был предком *A.afarensis*. *Australopithecus anamensis* жили в сухих лесах. Их останки найдены в Кении.



Рисунок 10.4 - Австралопитек (*Australopithecus anamensis*)

5. *Australopithecus afarensis* Вост. Африка, 4-3 млн. лет назад. Этот вид существовал долго и, возможно, дал начало нескольким эволюционным линиям. Найдены остатки более 300 особей (в том числе известная "Люси"). Много "обезьяньих" признаков: вытянутое (прогнатическое) лицо, U - образное нёбо (с параллельными друг другу рядами коренных зубов, как у высших обезьян, в отл. от "параболического" нёба совр. человека); маленькая мозговая коробка (430 куб. см., ненамного больше, чем у шимпанзе). Но есть и много отличий от обезьян, главное из которых - хождение на двух ногах (Рисунок 10 5).



Рисунок 10.5 - Австралопитек (*Australopithecus afarensis*)

7. В 1999 году в Кении, на западном берегу озера Туркана, был найден череп, возраст которого оценивается в 3,5 миллиона лет. В нем уникальным образом сочетались примитивные и прогрессивные нейрокраниальные черты. Его назвали *Kenyanthropus platyops*, т. е. плосколицым человеком из Кении (Рисунок 10. 6). У *Kenyanthropus platyops* четко выраженные скулы, небольшие коренные зубы и менее выступающая по сравнению с *Australopithecus afarensis* (современником кениантропа) челюсть, что придает ему более человеческий вид. Несмотря на это, у *Kenyanthropus platyops* головной мозг размером не более мозга шимпанзе и маленькие ушные каналы, как у шимпанзе и у *Australopithecus anamensis*, жившего 4,4 миллиона лет назад. Такая смесь примитивных и прогрессивных черт показывает, что эволюция гоминид не носит ни постоянного, ни последовательно прогрессивного характера.



Рисунок 10.6 - Кениантроп (*Kenyanthropus platyops*) плосколицый человек из Кении

8. *Australopithecus africanus* Юж. Африка (Трансвааль), 3.3 - 2.5 млн. лет назад (Рисунок 10. 7). (Впрочем, по последним данным, возможно, максимальный возраст находок - 3 млн. лет, и, в этом случае, данный вид не жил одновременно с *Australopithecus afarensis*, *Australopithecus bahrelghazali* и *Kenyanthropus platyops*). Имеет ряд прогрессивных черт по сравнению с предыдущим видом: более округлый череп, больший объем мозга, менее примитивные зубы и лицевые кости. Однако строение конечностей, по-видимому, примитивнее, чем у *afarensis*. Пока нет единого мнения о том, какой из видов, *afarensis* или *africanus*, дал начало первым людям (*Homo*).



Рисунок 10.7 - Австралопитек африканский (*Australopithecus africanus*)

9. *Paranthropus aethiopicus* 2.7 млн. лет назад в Вост. Африке появилась новая группа древних гоминид - "робустные", отличавшиеся очень крупными коренными зубами (их иногда относят к австралопитекам, иногда - выделяют в отдельный род *Paranthropus*) (Рисунок 10.8). Считается, что *P.aethiopicus* произошел от *A.afarensis* и был предком *P.boisei*.



Рисунок 10.8 - Парантроп (*Paranthropus aethiopicus*)

10. *Paranthropus boisei* 2.3 - 1.0 млн. лет назад, Вост. Африка. У этого вида тенденции "робустной" эволюционной линии выражены наиболее полно. Традиционно эти признаки трактуются как черты крайней специализации к пережевыванию грубой растительной пищи (Рисунок 10.9).



Рисунок 10.9 - Парантроп (*Paranthropus boisei*)

11. *Paranthropus robustus* 2.0-1.5 млн. лет назад, Юж. Африка (Рисунок 10.10). Характерны очень широкие, выступающие вперед скулы (это свидетельствует о мощном развитии жевательной мускулатуры). Для всех "робустных" форм характерен также костяной гребень на темени, служивший для прикрепления жевательных мышц. У *robustus* было крупное лицо, плоское и круглое, без лба, с большими надбровными дугами и очень мелкими передними зубами. Головной мозг у этого вида имел объем в среднем около 520 кубических сантиметров. По-видимому, этот вид умел изготавливать примитивные костяные орудия, при помощи которых он расковыривал термитники и извлекал оттуда термитов. Изотопный анализ зубной эмали показал, что этот вид был всеядным, а не специализированным "пережевывальщиком грубой растительной пищи", как думали раньше.



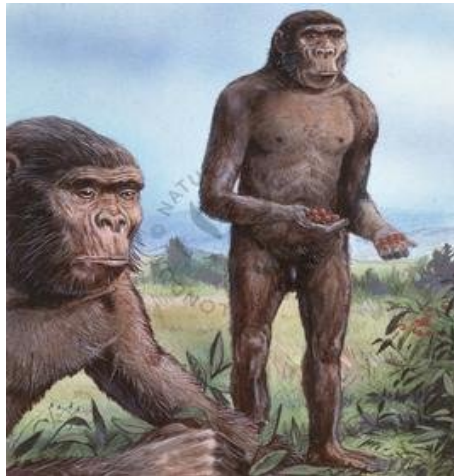


Рисунок 10.10 - Парантроп (*Paranthropus robustus*)

12. *Homo habilis* 2.4 - 1.5 млн. лет назад, Вост. Африка. Объем черепа около 670 куб. см. Этот древнейший представитель рода *Homo* уже изготавливал примитивные каменные орудия (отсюда и название - "человек умелый") (Рисунок 10.11). Орудия эти представляют собой грубо обработанные камни.



Рисунок 10.11 - Человек умелый *Homo habilis*

13. *Homo rudolfensis* 1.8 млн. лет назад, Вост. Африка (Рисунок 10.12). Этот череп сначала относили к *H. habilis*, но в 1986 г. выделили его в отдельный вид *H. rudolfensis*. Объем черепа 775 куб. см. - гораздо больше, чем у австралопитеков, и больше, чем у типичных *habilis*. *H. rudolfensis* отличается также слабым развитием надглазничного валика. Плоское лицо *Homo rudolfensis* наводит на мысль о близком родстве с *Kenyanthropus platyops*.

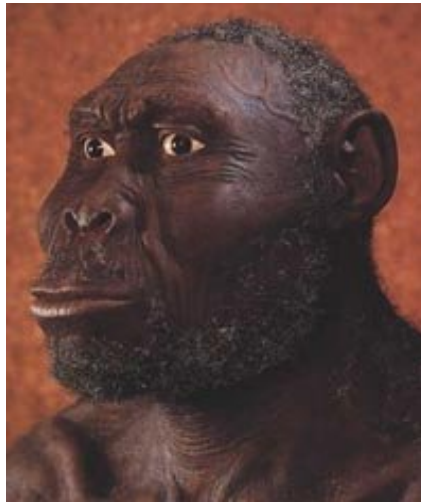


Рисунок 10.12 - Человек (*Homo rudolfensis*)

14. *Homo georgicus*. Еще одна сенсационная находка последних лет. Найден в Дманиси (Грузия) в 2001 г., описан в 2002 г. Возраст 1,8 млн. лет (Рисунок 10.13). Это самая древняя находка гоминид (и людей) за пределами Африки (она же и самая примитивная). Форма предположительно интерпретируется как переходная между *H.habilis* и *H.ergaster*. Объем мозга 600-680 куб.см. Рост 1.5 м. Найдено 3 черепа и часть скелета.

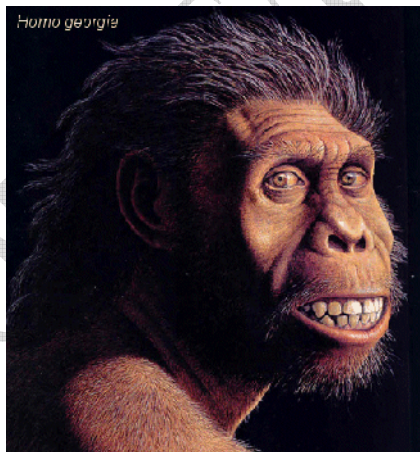


Рисунок 10.13 - Человек (*Homo georgicus*)

15. *Homo ergaster* Ранее этих африканских древних людей (живших 1.9 - 1.6 млн. летназад) объединяли в один вид с азиатскими *Homo erectus*, но позже большинство ученых стали относить их к особому виду (Рисунок 10.14). Череп округлый, надбровные дуги сильно развиты. Зубы мелкие, особенно по сравнению с австралопитеками. Отличается от *erectus* более тонкими черепными костями, слабым затылочным выступом и др. Объем мозга 880 куб. см. Переход от древнейших людей (*H.habilis*/*H.rudolfensis*) к *H.ergaster* был важнейшим качественным скачком в эволюции гоминид. Дело тут не только в несколько большем объеме мозга. Возможно, именно *H.ergaster* является "автором" двух важнейших изобретений: обоюдоострого рубила, по форме напоминающего клык хищного зверя





Рисунок 10.14 - Человек (*H. ergaster*)

16. *Homo erectus* Первая находка этого вида - черепная крышка, обнаруженная на Яве. Это был первый ископаемый человек, обнаруженный за пределами Европы. Находка была описана под именем *Pithecanthropus erectus* (Рисунок 10.15). Позже на Яве найдено еще около 40 экземпляров этого вида. Похожие остатки (до 300 индивидуумов) были обнаружены в пещере Чжоукоудянь под Пекином. Они были описаны как *Sinanthropus pekiensis*. В 50-е гг. XX в. предположили, что все эти находки, а также некоторые другие, сделанные в Азии и Европе, относятся к одному и тому же широко распространенному виду (*Homo erectus*). У представителей *erectus*, живших 1,5 миллиона лет назад, объем головного мозга составлял около 900 кубических сантиметров. Более поздние *erectus*, жившие 700-500 тыс. лет назад, были обладателями головного мозга объемом приблизительно 1100 кубических сантиметров. Одной из характерных особенностей этих гоминид были очень толстые надбровные дуги и вытянутый, низкий череп. Зубы почти как у современного человека, но коренные - несколько крупнее, а нижняя челюсть - массивнее, подбородок отсутствовал. От шеи и ниже *Homo erectus* весьма походили на современных людей.



Рисунок 10.15 - Человек (*H. erectus*) – питекантроп

17. На о-ве Флорес (Индонезия) недавно найдены останки неизвестного ранее карликового вида людей, жившего 38-18 тыс. лет назад. Предполагается, что этот вид (названный *Homo floresiensis*) - боковая ветвь эволюционного древа людей, потомок изолированных островных популяций *Homo erectus* (питекантропов) (Рисунок 10.16). Судя по каменным орудиям, питекантропы появились на Флоресе 850 тыс. лет назад. Там, в усло-

виях островной изоляции, они измельчали и настолько сильно видоизменились, что их потомков пришлось выделить в отдельный вид. Рост *Homo floresiensis* был всего около метра, объем мозга - около 380 куб. см. (примерно как у шимпанзе), они были прямоходящими, лишенными волосяного покрова. Их отличали глубоко посаженные глаза, плоский нос и выступающие вперед челюсти с большими зубами. Они владели огнем, делали довольно совершенные каменные орудия и, возможно, охотились на крупных животных.

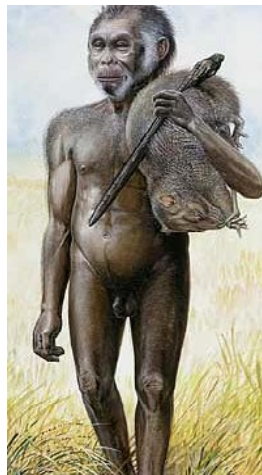


Рисунок 10.16 - Человек (*H. floresiensis*)

18. Около миллиона лет назад африканские популяции *Homo erectus* эволюционировали в новый вид *Homo antecessor*. Вид описан в 1997 г. (Bermudez de Castro, Arsuaga, & Carbonell, 1997) (Рисунок 10.17). Популяции этого вида мигрировали на север, в Европу. В пещерах северной Испании найдены останки *Homo antecessor*. Артефакты (предметы искусственного происхождения) и ископаемые останки животных, найденные вместе с останками *antecessor*, говорят о том, что эти люди были умелыми охотниками на крупных зверей. Следы человеческих зубов на костях испанских представителей *antecessor* сигнализируют о каннибализме. Датировка испанских находок определяет точный возраст останков минимум в 780 тыс. лет (по последним данным - 800 тыс. лет). Это делает их одними из самых древних людей, найденных в Европе. Голова *antecessor* обладала необычной смесью характерных черт неандертальца и современного человека. У них были крупные надбровные дуги, длинная и низкая черепная коробка, массивная нижняя челюсть без подбородка и крупные зубы, как у неандертальца. Лицо, напротив, было относительно плоским и не выдавалось вперед, т. е. было похожим на лицо современного человека. Объем мозга около 1000 куб.см.



Рисунок 10.17 - Человек. (Homo antecessor)

19. Homo heidelbergensis К этому виду обычно относят формы, переходные между H. erectus и H. sapiens, жившие примерно от 800 000 до 200 000 лет назад (Рисунок 10.18). Нижняя челюсть очень похожа на человеческую, но без подбородочного выступа (обычно это связывают с неразвитостью - или слабой развитостью - речи). Ранее эти формы называли просто "архаичными H. sapiens".

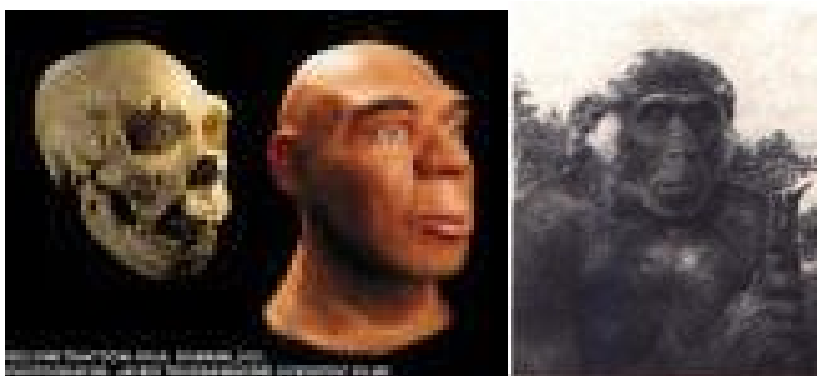


Рисунок 10.18 - Человек Homo heidelbergensis

20. Homo neanderthalensis Неандертальцы населяли Европу и Зап. Азию (от Испании до Узбекистана) 200 000 - 28 000 лет назад (Рисунок 10.19). Климат тогда был холоднее, и за время существования неандертальцев несколько раз наступали ледниковые эпохи. Неандертальцы, по всей видимости, НЕ являются прямыми предками совр. людей, они независимо произошли от питекантропов. Сравнение митохондриальных ДНК показало, что линии, ведущие к неандертальцу и современному человеку, разошлись 500-600 тыс. лет назад (точнее говоря, это время, когда существовала их последняя общая "праматерь"; общие "праотцы" теоретически могли быть и позже). Неандертальцы отличаются от совр. человека более низким лбом, выступающим затылком, надбровными дугами. Объем мозга - как у совр. людей или даже больше. Уже умели разводить огонь. Питались почти исключительно мясом (охота), каннибализм был очень распространен. Появились первые мистические/религиозные верования: они уже хоронили своих мертвецов и украшали могилы цветами. Культура неандертальцев (т.н. "мустьерская", или, что то же самое, среднепалеолитическая культура) - это, прежде всего, обоюдоострые рубила, заточенные более качественно, чем аналогичные орудия H. erectus; а также разнообразные отщепы, использовавшиеся для разделки туш. У неандертальцев имелись также деревянные копья для ближнего боя с каменными наконечниками. В более позднее время, уже во время контактов с сапиенсами у неандертальцев появляются зачатки искусства (ожерелье из медвежьих когтей, нечто вроде "флейт" - кости с просверленными дырочками, которые, впрочем, могли служить для разведения огня, а не для музыкальных упражнений;



Рисунок 10.19 - *Homo neanderthalensis* Неандертальцы

21. *Homo sapiens* «Кроманьонец» Объем мозга в среднем 1300 куб. см. Уплощенный, высокий, почти вертикальный лоб. Надбровные дуги редуцированы. Древнейшие находки в Африке - 195 000 лет назад; в Зап. Азии - более 90 000 лет назад (Рисунок 10. 20).



Рисунок 10.20 - Человек мыслящий (*Homo sapiens*) в сравнении с неандертальцем

Примерно 60-80 тыс. лет назад началась великая экспансия *H.sapiens*. Вначале, по-видимому, они двинулись в южную и юго-восточную Азию, где не было неандертальцев, и единственными конкурентами могли быть реликтовые популяции *H.erectus* и экзотические эндемичные формы, подобные *H.floresiensis*. Представители этой "волны" расселения проникли в Австралию (ок. 50 тыс. лет назад), где, по-видимому, вызвали чрезвычайно быстрое опустынивание континента и массовое вымирание крупных животных (Рисунок 10.21).

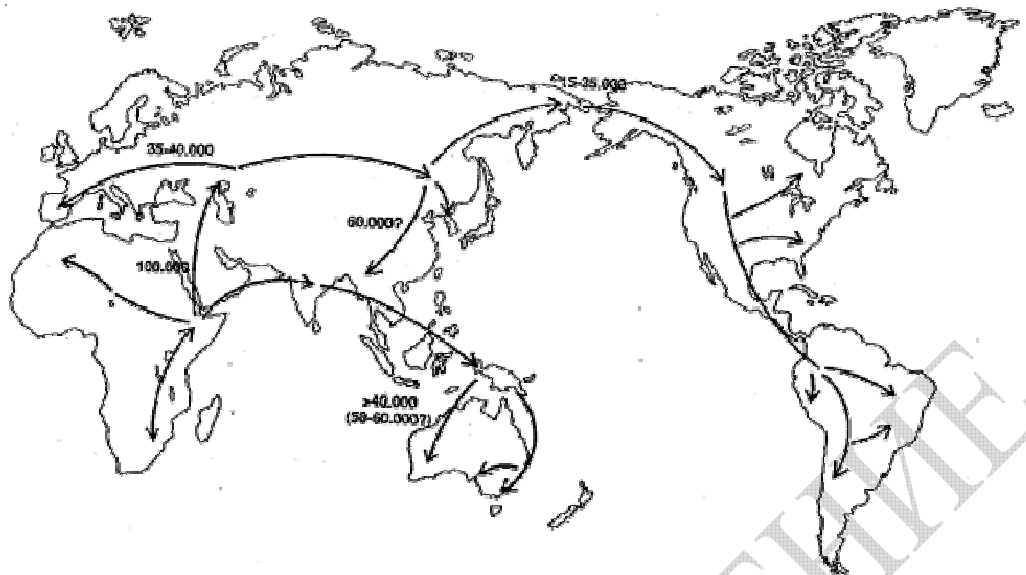


Рисунок 10.21 - Расселение человека

По сравнению с другими млекопитающими сходных размеров потенциальная плодовитость человека низка. Большинство женщин не может родить более 6-11 детей за жизнь, так как организм изнашивается от родов. Но и эта потенциальная плодовитость в течение многих сотен тысяч лет не реализовывалась. В давние времена средняя продолжительность жизни человека была такой же, как у человекообразных обезьян: 25-27 лет. Созревала женщина позднее человекообразных, годам к 15. У занимающихся собирательством первобытных людей пища была такова, что ребенок мог питаться ею полностью только с трех лет, когда вырастут зубы. До этого его приходилось кормить или подкармливать грудным молоком. Многие считают, и не без оснований, что в те времена следующая беременность обычно не наступала, пока мать кормила молоком (как у современных человекообразных). В благоприятной ситуации мать успевала родить трех детей и погибала раньше, чем младшие достигали самостоятельности. При столь низкой плодовитости едва удавалось поддерживать численность популяции, рост ее был медленным. Нужно заметить, что в те времена дети погибали от голода, травм и хищников, но зато редко гибли от заразных болезней: люди жили небольшими изолированными группами, что препятствовало передаче инфекций.

Освоение земледелия и животноводства позволило по крайней мере в 10 раз увеличить плотность популяции по сравнению с собирателями и охотниками. А в очагах земледелия, на лучших землях, плотность доходила до очень высокого уровня. Детская смертность повысилась (большая плотность создает, как мы знаем, благоприятные условия для распространения детских, т. е. наиболее заразных, болезней). Но ее компенсировало увеличение рождаемости. Оно стало возможным, во-первых, потому, что при устойчивом производстве пищи увеличилась продолжительность жизни взрослых, а во-вторых, использование молока домашних животных и семян культурных растений позволило найти заменители материнского молока для детей старше года. Стали рожать чаще и дольше. Но многие тысячелетия (в старых земледельческих очагах) и столетия (в новых) этой рождаемости едва хватало для покрытия высокой детской смертности. В этих условиях у земледельческих народов выработались установки на реализацию полной плодовитости женщин (рождение 6-11 детей). Возникавшие именно в это время и в этих очагах высокой плотности (Ближний Восток, Индия, Китай) мировые религии требовали от женщин детей и обрекали на презрение бесплодных или малодетных. За 17 веков нашей эры численность людей выросла всего от 200 до 500 млн. Это значит, что в среднем у матери выживало

чуть больше двух детей – меньше, чем у современной. В отличие от нас, у наших предков было много братьев и сестер, но не в жизни, а на кладбище. В такой обстановке у традиционных земледельцев неизбежно сформировалось сочетание стремления иметь много детей, детолюбия с легким отношением к их смерти («бог дал – бог взял»).

Рождение и воспитание детей в семьях развитых стран сегодня связано главным образом с удовлетворением естественных психологических потребностей.

Известно три глобальных периода повышения численности людей. Первый – в конце плейстоцена, порожденный освоением охоты на крупных животных и быстрым расселением охотников далеко за пределы ойкумены собирателей, почти по всему земному шару. Второй – около 10 тыс. лет назад, после открытия земледелия, позволившего людям увеличить свою численность в 20-30 раз. И третий – связанный с начавшейся несколько столетий назад промышленной революцией. Процесс продолжается и в наши дни. Успехи науки и техники позволили увеличить площадь обрабатываемых земель в два-три раза, урожайность в семь раз. Население земли увеличилось еще в 20 раз.

Десять тысяч лет назад на Земле было 10 млн. людей, к началу нашей эры их стало 200 млн.; к 1650 г., условному началу промышленной революции, – 500 млн. к XIX в. – 1 млрд., в начале XX в. – 2 млрд. Сейчас нас 5 млрд., и мы увеличиваемся на 2 % в год. Чтобы достигнуть первого миллиарда, человечеству понадобилось более миллиона лет. Второй миллиард был достигнут за 100 лет, третий – за 40, четвертый – за 15, пятый – за 10, а шестой и, возможно, седьмой могут быть достигнуты за оставшиеся до начала второго тысячелетия годы. Все это время рост численности строго следовал экспоненте с одними и теми же коэффициентами, т. е. был тем же. Но назвали его «демографическим взрывом» недавно, когда его отрицательные последствия стали очевидны.

Человечество растет на 2 % в год, удваиваясь каждые 35 лет. Производство пищи на Земле растет на 2,3% в год, удваиваясь каждые 30 лет. Численность человечества, как и всякого биологического вида, строго следует за изменением количества пищи, главного показателя биологической емкости среды. А она увеличивается не сама по себе, ее увеличивает человек, распахивая новые земли, выводя новые, более урожайные сорта, внося удобрения, применяя ядохимикаты. С каждым годом обеспечивать рост суммарного урожая становится все труднее. Опережающий рост вложений в производство продуктов питания ясно виден из того, что связанное с ним потребление энергии растет на 5 % в год, с временем удвоения 14 лет; потребление воды возрастает на 7%, удваиваясь каждые 10 лет; производство удобрений тоже на 7% в год, а ядохимикатов – даже на 10%. Эти усилия истощают ресурсы, разрушают среду и все более ее загрязняют. Такой рост обеспечивается тем, что человек интенсивно использует запасы угля, нефти, газа, минерального сырья, накопленные за всю предшествующую историю биосферы. Запасы конечные и невозобновимые.

Поэтому нынешняя почти безграничная мощь человечества конечна во времени. Если спросить биолога, что будет, когда ресурсы кончатся, он ответит однозначно: разрушится среда обитания, упадет производство пищи (глобальный экологический кризис), а вслед за этим сократится численность до уровня, который будет обеспечен возобновимыми ресурсами. Так было бы с любым видом. Но человек изобретателен, и поэтому утверждать, что численность людей сократится до первобытного уровня, мы не можем. С другой стороны, и расти бесконечно она тоже не может.

### **На сколько человек рассчитана Земля?**

Оказывается, на этот несколько странный вопрос экологи могут ответить вполне определенно. Дело в том, что в устройстве биосферы соблюден простой закон, связывающий размеры потребляющих органическую пищу видов с их численностью. Главную роль в потоках вещества и энергии в биосфере играют мелкие организмы, а крупные – лишь



незначительную, вспомогательную. Главные потребители в биосфере – микроскопические бактерии, грибы и простейшие. За ними следуют мелкие животные – черви, моллюски, членистоногие. Доля потребления дикими позвоночными животными (земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие) очень низка – лишь около 1 % продукции биосферы. Человек со своими домашними животными и потреблением леса должен входить в эту группу крупных потребителей, т. е. потреблять менее 1 %, и то при этом другие члены его группы будут обречены на вымирание. Современный же человек потребляет (вместе с домашними животными и изъятием леса) 7 % продукции биосферы, т. е. вышел далеко за пределы того, что в биосфере отведено для крупных потребителей. Он нарушил, возмутил биосферную закономерность.

Но биосфера – саморегулирующаяся система, и она стремится вернуть численность людей к дозволённому уровню. А он в 25 раз ниже современного – 200 млн. на всю планету (за счёт постоянного и возобновимого источника энергии могут жить 500 млн. чел.). Вымирание нужных человеку животных и растений, падение продуктивности самых ценных для нас экосистем, отторжение от биосферных круговоротов производимых нами загрязнений – все это может быть понято как действие обратной связи, биосферного механизма, стремящегося ограничить численный рост человечества.

### **Доказательства родства человека и обезьян**

Согласно наиболее распространённой сейчас классификации, человек относится к

- отряду приматов (Primates «князья»),
  - подотряду Anthroidea (человекоподобные),
  - секции Catarrhina (узконосые, обезьяны Старого Света),
  - надсемейству Hominoidea (гоминоиды, человекоподобные).
- В это надсемейство входят семейства Hylobatidae (гibbonы, два рода из Юго-Восточной Азии), Pongidae (человекообразные обезьяны) и Hominidae (люди, ныне живущий один род и единственный вид Homo sapiens, человек разумный).

Генетическое строение хромосом наиболее близкого человеку существа - шимпанзе очень близко к человеческому. На рисунке 10.22 приведены соотнесения генов человека и шимпанзе.

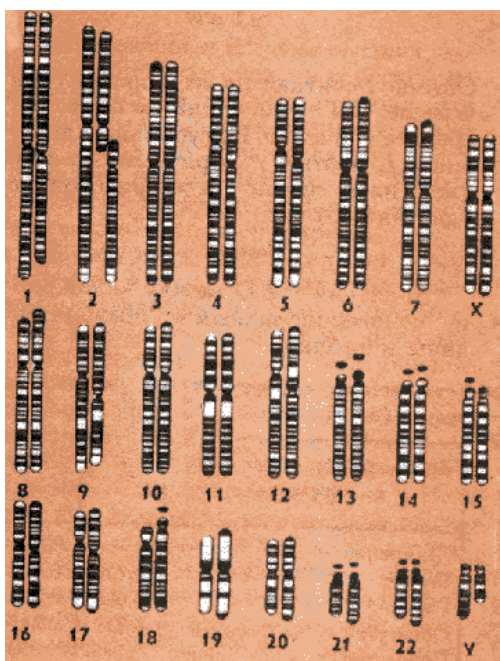


Рисунок 10.22 - Схематическое изображение дифференциально окрашенных хромосом человека и шимпанзе (расположены попарно):

в каждой паре слева - хромосома человека, справа - гомологичная ей хромосома шимпанзе.

Обратите внимание на пару 2: видно, что человеческая хромосома - продукт слияния двух обезьяньих и поперечная исчерченность всех хромосом у обоих видов очень близка. Такие ничтожные различия в структуре кариотипа обычно характеризуют чрезвычайно близкие виды-двойники

Диплоидное число хромосом ( $2n$ ) у всех обезьян 48. У человека  $2n=46$ , т. е. различие в хромосомных числах обусловлено единственной транслокацией. Хромосома 2 человека образована слиянием двух хромосом, гомологичных таковой у шимпанзе. В настоящее время разработаны методы дифференциальной окраски хромосом, когда на них выявляется тонкая поперечная полосатость, строго специфичная для каждой хромосомы и каждого вида. Такая окраска хромосом человека и шимпанзе показывает их удивительную близость.

Группы крови человека и обезьян очень близки, многие тождественны. Резус-фактор впервые был обнаружен у низшей обезьяны — макаки-резус. Кровь бонобо можно переливать человеку без всяких осложнений. А ведь у всех млекопитающих межсемейственные переливания крови, как правило, приводят к гемолизу, распаду эритроцитов. Можно оценить генетическую близость человека и, например, шимпанзе количественно. Для этого нужно определить так называемое генетическое сходство и генетическое расстояние (дистанцию) .

Доказательствами небожественного происхождения человека являются рудименты, атавизмы, этапы эмбрионального развития.

**Атавизмы.** У человека атавизмами являются: хвост, волосяной покров на всем лице, многососковость, незаращение предсердной перегородки сердца (Рисунок 10.23)



Рисунок 10.23 - Хвост у человека

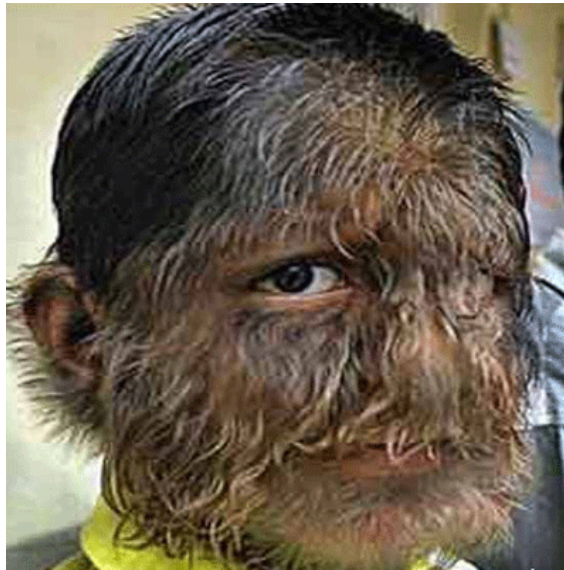


Рисунок 10.23а - Волосяной покров на лице

**Рудименты** — важные доказательства исторического развития органического мира. Рудименты тазовых костей у китов и дельфинов подтверждают предположение о происхождении их от наземных четвероногих предков с развитыми задними конечностями. Рудиментарные задние конечности веретеницы и питона указывают на происхождение этих рептилий (так же, как и всех змей) от предков, имевших конечности.

Рудиментов у человека насчитывается около сотни. Чаще всего упоминаются в качестве доказательств родства человека с животными следующие.

### 1. Аппендикс

У травоядных животных аппендикс большой по размеру, и его главная функция - помощь в переваривании пищи растительного происхождения. У человека длительное время роль этой небольшой части толстого кишечника оставалась непонятной, поскольку значение аппендикса в пищеварении совсем незначительное (Рисунок 10.24). По убеждению биологов и палеонтологов, этот отросток остался нам в наследство от наших предков, питавшихся преимущественно пищей растительного происхождения. Последние научные исследования свидетельствуют о том, что аппендикс играет роль иммунной защиты, потому что в нем содержится значительное количество лимфоидной ткани. Атавизм или нет, но аппендикс часто напоминает о своем существовании: тысячи операций ежегодно, сотни смертельных случаев.

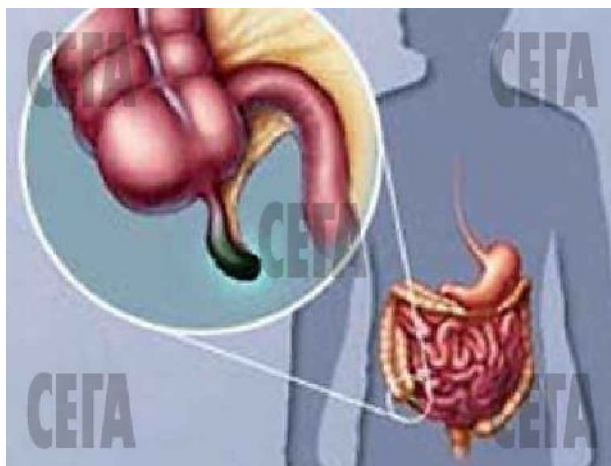


Рисунок 10.24 - Аппендикс

Аппендикс (возможно участвует в создании и усилении иммунитета человека)

## 2. Грудь и соски у мужчин

Целесообразность молочных желез у мужчин и до сих пор остается под вопросом. Ученые же объясняют сходство анатомического строения этого органа тем, что на ранних стадиях эмбриогенез плодов мужского и женского полов протекает одинаково. Лишь потом включаются механизмы, от которых зависит наличие и выраженность вторичных половых признаков. Кстати, раком молочной железы болеют не только женщины, но и сильный пол. Кроме того, у некоторых мужчин иногда появляется молоко. Это может свидетельствовать о серьезном заболевании нейроэндокринного характера.

## 3. Вомероназальный орган (ВНО)

Утерю функциональности ВНО можно считать одной из больших эволюционных потерь человека. Этот отдел обонятельной системы (известный так же как орган Якобсона или вомер) отвечает за распознавание феромонов. В социальном поведении животных феромоны играют доминирующую роль. С их помощью самки привлекают самцов, а сами кавалеры помечают подконтрольную им территорию. Большинство эмоций сопровождается выбросом феромонов – страх, злость, умиротворение, страсть. Человек же больше полагается на вербальную и визуальную составляющие социального общения, поэтому роль распознавания феромонов сведена к минимуму.

4. Срединная расщелина нёба, губы: «волчья пасть»; «заячья губа» (Рисунок 10.25);



Рисунок 10.25 - Волчья пасть



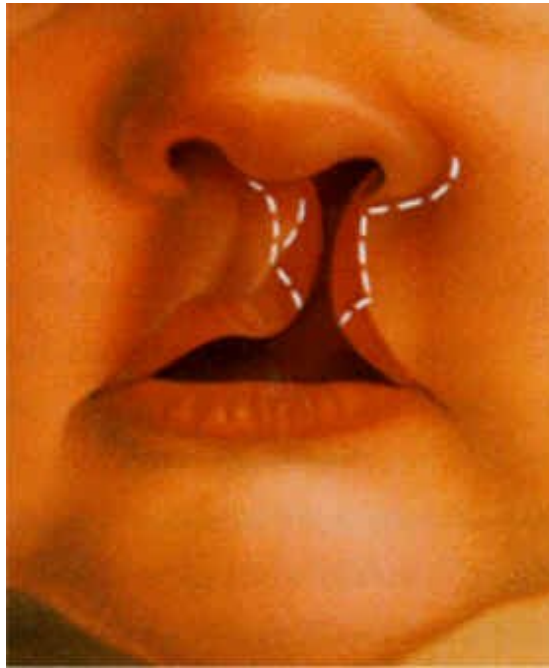


Рисунок 10.25а - Заячья губа

- 5. Тазовое расположение почек (встречается 1:10000 у женщин мешает при родах);
- 6. Наличие ребер, связанных с шейным отделом позвоночника (Рисунок 10.26);

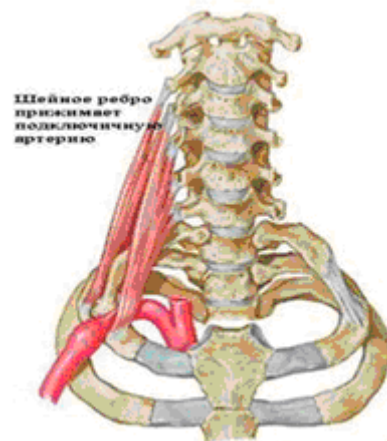


Рисунок 10.26 - Ребра шейного отдела позвоночника

- 7. Гусиная кожа или мурашки (Рисунок 10.27) и др.



### Рисунок 10.27 - «Гусиная» кожа

Мурашки (*cutis anserina*) возникают при срабатывании пиломоторного рефлекса. Основными побудительными мотивами этого рефлекса являются холод и опасность. При этом спинной мозг производит возбуждение периферических нервных окончаний, которые приподнимают волосяной покров. Так в случае холода, приподнятые волосы позволяют сохранить больше теплого воздуха внутри покрова. Если же возникает опасность, увеличение волосяного покрова придает животному более массивный вид. У человека пиломоторный рефлекс остается рудиментом, поскольку густой волосяной покров был утрачен в процессе эволюции.

Строение скелета, нервной системы, системы пищеварения, дыхания и кровообращения человека и других позвоночных, особенно млекопитающих, очень сходно. Наиболее наглядно родство человека и животных выявляется при сравнении их эмбрионального развития. На ранних этапах зародыш человека трудно отличить от других позвоночных животных (Рисунок 10.28).

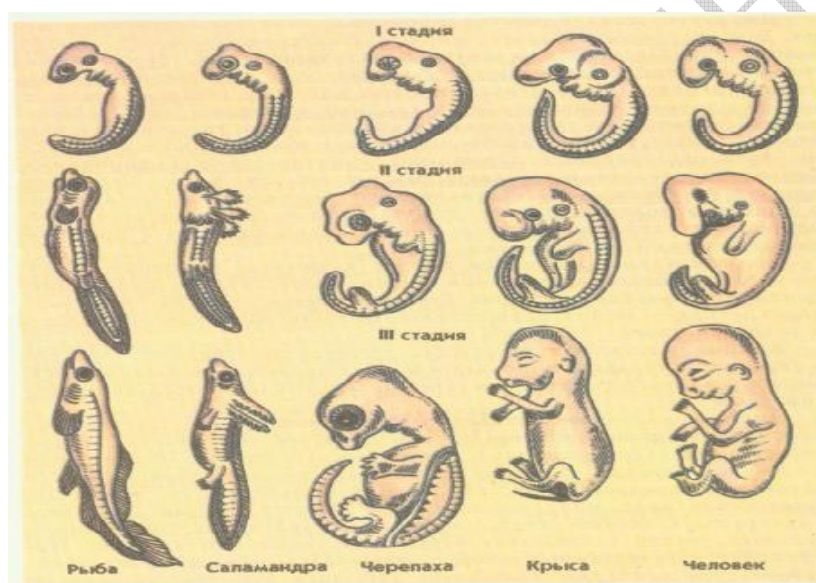


Рисунок 10.28 - Зародыши позвоночных животных

### Эксперименты по гибридизации человека-обезьяны

В попытках вывести гибрид человека с другими приматами принимал участие русский и советский биолог **Илья Иванович Иванов** (Рисунок 10.29), (20 июля (1 августа) 1870, Щигры, Курская губерния, Российская империя — 20 марта 1932, Алма-Ата, Советский Союз).

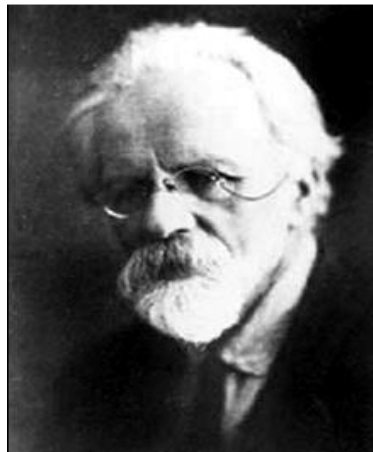




Рисунок 10.29 - И.И. Иванов

Илья Иванович Иванов родился в городе Щигры, Курской губернии. Он окончил Харьковский университет в 1896 году и стал профессором в 1907 году. Он проводил исследовательскую работу в заповеднике Аскания-Нова, в Государственном институте экспериментальной ветеринарии (1917—1921, 1924—1930), на Центральной опытной станции по вопросам размножения домашних животных (1921—1924), и в Московском высшем зоотехническом институте (1928—1930). В начале XX века Илья Иванович Иванов провел работу по усовершенствованию процесса искусственного осеменения и его практического применения в разведении лошадей. Он доказал, что эта технология позволяет одному жеребцу-производителю оплодотворить до 500 кобыл (вместо 20-30 с помощью природного процесса), представители конезаводов со всех частей мира часто посещали станцию Иванова.

Илья Иванович Иванов также был пионером в практике использования искусственного осеменения для получения различных внутривидовых гибридов. Он был первым (или одним из первых) биологом который вывел и изучал гибрид зебры и осла, зубра и домашней коровы, антилопы и коровы, мыши и крысы, мыши и морской свинки, морской свинки и кролика, кролика и зайца, и др. В то время генетика как наука ещё находилась в зачаточном состоянии, существовало широкое мнение, что подобные гибриды могут положить начало новым видам домашних животных, поэтому работа Иванова считалась очень важной.



Рисунок 10.30 - Гибрид осла и зебры



Рисунок 10.31 - Лигр – гибрид львицы и тигра.



Рисунок 10.32 - Лошак - гибрид жеребца и ослицы; бесплоден

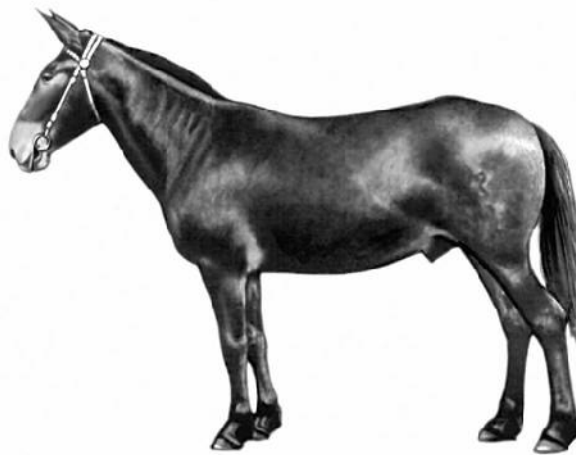


Рисунок 10.33 - Мул — это гибрид, полученный в результате скрещивания кобылы с ослом, который имеет внешнее сходство с обоими родителями. Бесплоден.

Одним из самых безнадежных экспериментов И.И. Иванова является попытка создать гибрид человека и обезьяны. Ещё в 1910 году, во время его выступления перед Всемирным конгрессом зоологов в Граце, он описал возможность получения подобного гибрида используя искусственное осеменение. В настоящее время можно сразу сказать, что данная работа была обречена на провал. Однако успехи в близкородственном скрещивании животных давали определенные надежды.

Известно, что в 1926 году руководством страны был поддержан секретный план по созданию в лаборатории существ, обладающих невероятной силой и недоразвитым мозгом, нечувствительных к боли, выносливых и неприхотливых в пище. Предполагалось, что удастся вырастить «живую военную машину», а заодно и «рабочую лошадь», которую без больших затрат можно было бы эксплуатировать в угольных шахтах, на строительстве в Сибири и арктических регионах. Рассматривался вопрос об использовании существ, рожденных в лаборатории, в качестве источника органов. В 1924 году, во время его работы в институте Пастера в Париже, Иванов получил разрешения от директоров института для использования экспериментальной станции приматов в Киндии, Французская Гвинея, для подобного исследования. Иванов попытался получить поддержку для эксперимента от Советского правительства. Он написал несколько писем наркому народного просвещения

Анатолию Васильевичу Луначарскому и другим официальным лицам. В конце концов его предложением заинтересовался Николай Петрович Горбунов, управляющий делами Совета Народных Комиссаров СССР. В сентябре 1925 года, Горбунов помог выделить \$10 000 академии наук для африканских экспериментов Иванова.

В марте 1926 года, Иванов прибыл на станцию в Киндии, но провел там всего лишь один безрезультатный месяц. Как оказалось, эта станция не имела шимпанзе достигших половой зрелости. Он вернулся во Францию, и через переписку получил разрешение от колониального губернатора Гвинеи на проведение экспериментов в ботанических садах Конакри. Иванов прибыл в Конакри в ноябре 1926 года сопровождаемый своим сыном, также Ильей, который собирался ассистировать в его экспериментах. Иванов контролировал отлов взрослых шимпанзе внутри колонии, после чего они были перевезены в Конакри и содержались в клетках ботанических садов. 28 февраля 1927 года, Иванов произвел искусственное осеменение двух шимпанзе женского пола полученной от добровольцев человеческой спермой. 25 июня он провел осеменение третьей обезьяны. Ивановы покинули Африку в июле, они взяли с собой тринадцать шимпанзе, включая трех использованных в его экспериментах. Они уже знали, что первые две обезьяны не забеременели. Третья шимпанзе умерла во Франции, и также была определена как не беременная. Остальные шимпанзе были отправлены в новую станцию приматов в Сухуми.

Вот что писал сам Илья Иванович своим московским друзьям: «Гибридный «человек», который соответствует антропоидам, с рождения растет быстрее, нежели обычный, к трем-четырем годам набирает невероятную силу, гораздо менее чувствителен к боли, неразборчив в пище. Важнейшее его преимущество перед живыми существами, включая «человека», - простота в управлении и безукоризненное послушание. Возможности использования безграничны - от работы в сырых забоях до солдатской службы». Скорее всего, ученый излагал лишь идеи.

После возвращения в Советский Союз в 1927 году, Иванов предпринял ещё одну попытку провести осеменение женщин спермой обезьяны в Сухуми. В июле 1929 года, ещё до начала эксперимента, Иванов узнал, что единственная обезьяна мужского рода в Сухуми, орангутанг достигший половой зрелости, умер. Новая партия шимпанзе достигла Сухуми лишь летом 1930 года. В ходе политической чистки в советском научном обществе ученые принимавшие участие в планировке Сухумского эксперимента потеряли свои позиции. Весной 1930 года Иванов подвергся политической критике в его институте, и 13 декабря 1930 года он был арестован. Он получил пять лет ссылки в Алма-Ату, где он работал в Казахском ветеринарно-зоотехническом институте до своей смерти от инсульта 20 марта 1932 года.

## 11 СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

Многообразие живых существ — результат естественного отбора наиболее приспособленных к среде обитания. Возможность такого отбора связана, с одной стороны, с изменчивостью свойств живых существ; с другой стороны — со способностью сохранять их, передавая из поколения в поколение. В связи с изменчивостью генетической программы, всякий новорождённый организм обладает некоторым количеством свойств, отличающих его от родственников. Эти свойства могут:

- 1) несколько облегчать его жизнь в среде обитания, обычной для всех представителей этого вида;
- 2) отягощать его жизнь и приводить к гибели до достижения плодоносного возраста;
- 3) обеспечить жизнеспособность за пределами обычной среды обитания остальных представителей его вида, и избавить, таким образом, от необходимости конкурировать с ними за жизненные блага;
- 4) делать бесплодным.

Понятно, что в первом случае живое существо немногим более жизнеспособно, нежели его родственники, а его шансы дожить до зрелости и передать свои задатки потомкам фактически равны их шансам. При этом его особые свойства прямого отношения к появлению новых форм не имеют.

Во втором случае гибельные признаки исчезают для эволюции вместе с их носителями.

В третьем случае потомки счастливого существа будут свободно осваивать на основе своих особых свойств среду обитания, неприемлемую для пращуров и родственников, лишённых таких свойств. Фактически эти потомки — уже новая разновидность. Земная Жизнь, появившись в одной из сред нашей планеты, на протяжении последующей истории заполнила описанным способом все среды. Сама же Жизнь по мере освоения различных сред обретала соответствующее разнообразие форм. И сейчас она продолжает своё распространение: отчасти в пределах Земли, приспособляясь к изменяющейся планете; отчасти уже в околоземном пространстве, совершенствуясь в конечном счете Человека.

Сущность дарвиновской концепции эволюции сводится к ряду логичных, проверяемых в эксперименте и подтвержденных огромным количеством фактических данных положений:

1. В пределах каждого вида живых организмов существует огромный размах индивидуальной наследственной изменчивости по морфологическим, физиологическим, поведенческим и любым другим признакам. Эта изменчивость может иметь непрерывный, количественный, или прерывистый качественный характер, но она существует всегда.

2. Все живые организмы размножаются в геометрической прогрессии.

3. Жизненные ресурсы для любого вида живых организмов ограничены, и поэтому должна возникать борьба за существование либо между особями одного вида, либо между особями разных видов, либо с природными условиями. В понятие «борьба за существование» Дарвин включил не только собственно борьбу особи за жизнь, но и борьбу за успех в размножении.

4. В условиях борьбы за существование выживают и дают потомство наиболее приспособленные особи, имеющие те отклонения, которые случайно оказались адаптивными к данным условиям среды. Это принципиально важный момент в аргументации Дарвина. Отклонения возникают не направленно — в ответ на действие среды, а случайно. Немногие из них оказываются полезными в конкретных условиях. Потомки выжившей особи, которые наследуют полезное отклонение, позволившее выжить их предку, оказываются более приспособленными к данной среде, чем другие представители популяции.

5. Естественный отбор отдельных изолированных разновидностей в разных условиях существования постепенно ведет к дивергенции (расхождению) признаков этих разновидностей и, в конечном счете, к видообразованию.

Выживание и преимущественное размножение приспособленных особей Дарвин назвал естественным отбором. В результате естественного отбора образовалось огромное количество живых существ. **Первую попытку** систематизировать все живое предпринял Аристотель. У него была "лестница существ". Внизу наиболее примитивно организованные камни, потом растения, животные и человек. Стремление к линейной классификации довольно долго сохранялось, но потом его пришлось отвергнуть, так как объекты живой природы не выстраивались в единую лестницу.

**Вторая попытка** была принята Карлом Линнеем (1707-1778) (Рисунок 11.26), который в своей знаменитой "Systema Naturae" (1735), выделил два царства: Vegetabilia (растения) и Animalia (животные). Впоследствии к двум критериям различения растительных и животных организмов Аристотеля Жан Батист Ламарк (1744-1829) добавил еще и способ питания - автотрофный для растений и гетеротрофный для животных. Такая двучарственная система живого просуществовала практически до наших дней, хотя время от времени и подвергалась сомнению. Осложнения стали накапливаться еще со времени открытия Левенгуком (1632-1723) (Рисунок 11.27) мира микроскопических организмов, названных им анималькулами. Само название указывало на причисление этих живых существ к царству животных, что основывалось на критерии подвижности. Однако противоречивость двучарственного подразделения живого становилась все более и более очевидной.

Ситуация стала постепенно изменяться начиная с 60-х годов, когда в связи с активным внедрением в биологию методов электронной микроскопии (особенно интенсивно эти исследования проводились в 70-80-х годах) стали накапливаться принципиально новые данные по тонкому строению (ультраструктуре) простейших живых организмов. Оказалось, что на этом уровне выявляются достаточно отчетливые морфологические признаки (тонкое строение покровов, жгутикового аппарата, митохондрий, хлоропластов и др.), которые можно использовать в качестве надежных критериев при выяснении степени родства организмов. Другая волна новой информации стала быстро распространяться с 80-х годов со стороны молекулярной биологии, когда появилась возможность сравнивать степень сходства нуклеиновых кислот разных организмов. Были описаны простые одноклеточные растения и животные, которых не всегда было понятно, куда отнести - к растениям или животным. Они были выделены в группу одноклеточные (Протисты). Затем открыли бактерий и выделили их в отдельное царство. По мере развития микробиологии в отдельное царство были выделены грибы (Рисунок 11.1). Они кажутся похожими на растения, но, тем не менее, от растений существенно отличаются, в частности, тем, что, как животные, запасают гликоген, а не крахмал.



Рисунок 11.1 - Царства живых организмов



Итак, живые организмы разделили на царства Растений, Грибов, Животных и Простейших (одноклеточных), и царство бактерий, в которое входили все прокариоты. По мере изучения бактерий, оказалось, что они также делятся на две сильно отличающиеся группы. Соответственно, их пришлось разделить на два царства: Эубактерии (собственно бактерии) и Архебактерии (другое название – Археи). Последние также не имеют ядра, но по структуре сильно отличаются от бактерий. Такое деление возникло недавно.

Подробная классификация живых существ выходит за рамки данного учебного пособия, поэтому в нем приводятся лишь основные сведения по построению современной классификации.

По современной систематике органическая жизнь на нашей планете представлена в виде трёх Империй:

- Империи Клеточных,
- Империи Неклеточных (не имеющих клеточных стенок микоплазм),
- Империи Вирусов и Фагов.

Империя Клеточных состоит из двух Надцарств

- Надцарство прокариот (3 Царства);
- Надцарство эукариот (6 Царств) .

<b>Надцарство Эукариот (имеющие ядро)</b>	<b>Надцарство Прокариот (нет ядра)</b>
Царство Животных (имеет митохондрии, значит, имеет Графство Митохондрий)	Царство Настоящих Бактерий (не имеет митохондрий, не имеет многих органелл, не имеет ядра)
Царство Растений (имеет Графство Митохондрий)	
Царство Грибов (имеет Графство Митохондрий)	Царство Бактериоподобных Организмов, включая Актиномицет, Спирохет, Хламидий (не имеют митохондрий, не имеет многих органелл, не имеет ядра)
Царство Слизевиков или Миксомицет (имеет Графство Митохондрий)	
Царство Риккетсий (не имеет митохондрий, но есть ядро, значит эукариоты)	
Царство Миксобактерий (не имеет митохондрий, но есть ядро, значит эукариоты)	Царство Цианобактерий или Синезелёных водорослей (не имеет митохондрий, не имеет многих органелл, не имеет ядра)
Протекторат трёх Царств: Растений, Животных, Грибообразных (в виде Жгутиковых) (имеет Графство Митохондрий)	
Совладение Царства Растений и Царства Грибов ( лишайники) (имеет Графство Митохондрий)	
Совладение Царства Грибов и Царства Цианобактерий ( лишайники)	

Империя Вирусов и Фагов состоит из двух Надцарств. В их составе 4 Царства:

<b>Надцарство Вирусов и Фагов имеющих ДНК</b>	<b>Надцарство Вирусов и Фагов имеющие РНК</b>
Царство Вирусов и Фагов имеющее двойную ДНК	Царство Вирусов и Фагов имеющее двойную РНК
Царство Вирусов и Фагов имеющее одинарную ДНК	Царство Вирусов и Фагов имеющее одинарную РНК

Царство животных имеет 35 типов:

1. Хордовые (подтипы оболочники, они же личиночнохордовые; бесчерепные, они же головохордовые; черепные, они же позвоночные)

2. Гемихордовые или Полухордовые (перистожаберные, кишечнодышащие, и вымершие граптолиты)

3. Иглокожие (морские звёзды, морские лилии, морские ежи, голотурии, офиуры)

4. Щетинкочелюстные - тип морских беспозвоночных животных. Тело вытянутое, прозрачное, длиной от 5 мм до 9 см; имеются боковые и хвостовой плавники. На голове серповидные щетинки (отсюда название), служащие для захватывания добычи (Рисунок 11.2).

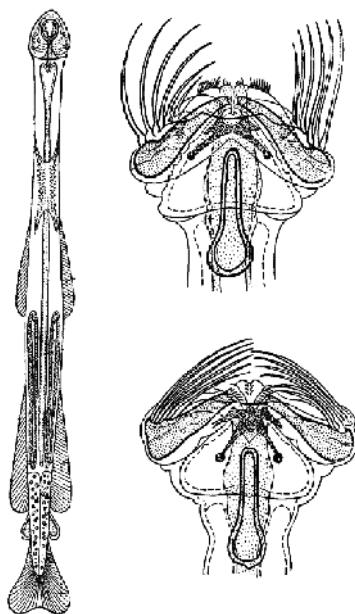


Рисунок 11.2 – Щетинкочелюстные

5. Тихоходки Tardigrada (Рисунок 11.3)

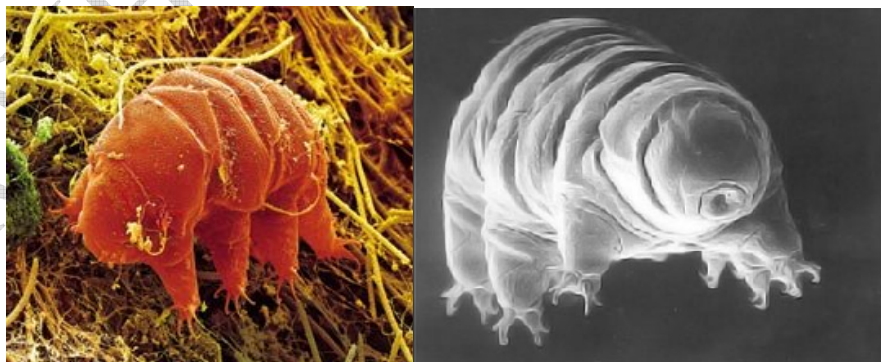


Рисунок 11.3 - Тихоходки (Tardigradae)

Доказано, что животные организмы, известные как тихоходки (Tardigradae), способны выжить в условиях открытого космоса. Тип Tardigradae включает живые организмы, чьи размеры не превышают 1,5 миллиметра. Эти животные обладают невероятными способностями, помогающими им выживать в самых суровых условиях. Биологи обнаруживают их в Гималаях на высоте 6 тысяч метров над уровнем моря, в океанских впадинах на глубине более 4 тысяч метров и даже вблизи гидротермальных источников, где вода не

закипает только благодаря высокому давлению. Группа ученых под руководством шведского эколога К. Ингмара Йонссона провела эксперимент, в ходе которого два вида тихоходок побывали на околоземной орбите. Ученые разделили 120 особей каждого вида на четыре группы, одна из которых по прибытии на орбиту оказалась в условиях вакуума. Две группы также подверглись облучению ультрафиолетом. Последняя группа животных кроме прочего была подвергнута радиоактивному облучению. После 10 дней, проведенных в открытом космосе, практически все организмы были иссушены, но на борту космического аппарата тихоходки вернулись к нормальному состоянию. Большинство животных, подвергшихся облучению ультрафиолетом с длиной волны 315-380 нм, выжили и оказались способны к воспроизводству. Однако ультрафиолетовое облучение с длиной волны 280-315 нм оказало критическое воздействие, лишь 10-15% процентов животных третьей группы выжили спустя некоторое время. Тем не менее, выжившие смогли дать нормальное потомство.

Каким образом организмам удалось выжить в условиях открытого космоса, ученым пока неизвестно. Предполагают, что тихоходки способны восстанавливать поврежденную структуру ДНК.

## 6. Членистоногие (подтипы жабродышащих, хелицерных, трахейных)

### Хелицерные

Хелицерные (Chelicerata) – подтип беспозвоночных животных типа членистоногих (Рисунок 11.4). Тело состоит из головогруди, от которой отходят шесть пар придатков: хелицеры, предназначенные для фиксации пищи, педипальпы, служащие для осязания, пережевывания пищи, а также в качестве копулятивного органа) и четыре пары ходильных ног. Представители подтипа известны с кембрия (наземные формы – с девона) и объединяются в четыре класса: мечехвосты, ракоскорпионы, морские пауки и паукообразные.

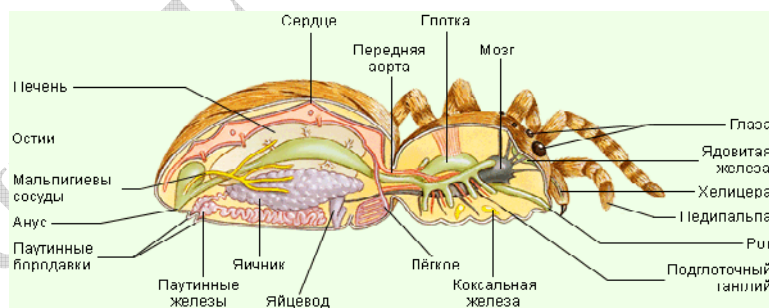


Рисунок 11.4 - Внутреннее строение паука



#### Рисунок 11.4а - Хелицерные виды

Клещи. Верхний ряд – акариевые клещи, слева направо: чесоточный клещ, почвенный клещ, двупятнистый паутинный клещ, водяной клещ. Нижний ряд, слева направо: акариевые клещи (зерновой клещ), паразитические клещи (таёжный клещ, отобиус, клещ-краснотелка)

7. Моллюски, они же Мягкотелые

8. Хиолиты (вымерли) (Рисунок 11.5)

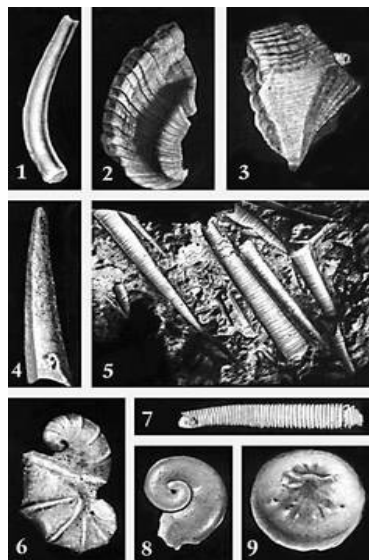


Рисунок 11.5 – Хиолиты

Класс вымерших животных, условно относимый к типу моллюсков; некоторые учёные выделяют их в самостоятельный тип. Жили с начала кембрия до перми. Раковина коническая или пирамидальная, от 0,1 до 15 см в длину, замкнутая на узком конце; устье раковины закрывалось крышечкой. У большинства хиолитов спинная и брюшная стороны раковины хорошо различаются по скульптуре. У многих хиолитов полость раковины разделена поперечными перегородками на ряд воздушных камер и одну жилую. Некоторые считают, что раковина была двустворчатая — состояла из конической и плоской створок. Стенка раковины известковая, двухслойная. У некоторых хиолитов имелась пара тонких длинных придатков, отходящих от устья. Обитали в море.

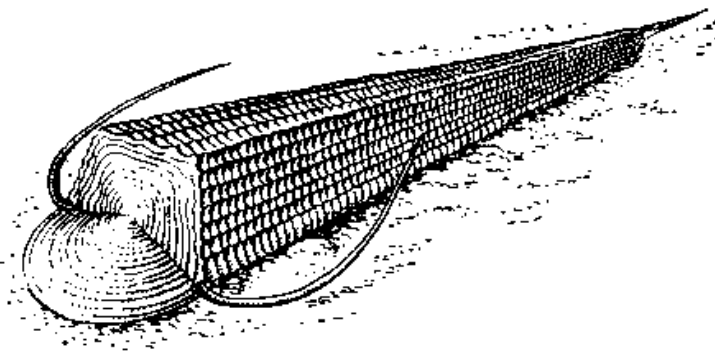


Рисунок 11.5a - Хиолит

9. Онихофоры (Onychophora), они же первичнотрахейные (Рисунок 11.6)



10. Кольчатые черви (Рисунок 11.7)

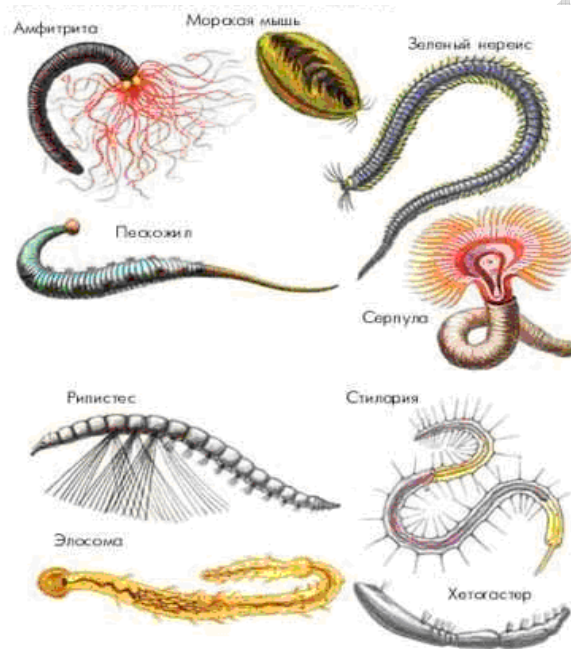


Рисунок 11.7 - Кольчатые черви

11. Немертины - тип первичноротых животных. Как правило, лентовидные черви, выделяющие большое количество слизи, практически лишённые заметных наружных органов. От переднего конца вглубь тела уходит длинное впячивание, способное выворачиваться и служащее для захвата добычи, — хобот. Подавляющее большинство — хищники и трупоеды. Описано около 1000 видов 250 родов (Рисунок 11.8).





Рисунок 11.8 - Немертины

12. Эхиуриды (Echiurida) - тип беспозвоночных животных (Рисунок 11.9). Объединяет небольшую (около 150 видов), но очень характерную группу морских червей.



Рисунок 11.9 – Эхиуриды

13. Сипункулиды (Sipunculida) - тип морских червей. Тело несегментированное, длиной от 1 до 50 см.; передний хоботкообразный конец со ртом и венчиком коротких щупалец может впячиваться в туловище (Рисунок 11.10).



Рисунок 11.10 – Сипункулиды

14. Лингватулиды (Язычковые или Пятиустки) - тип беспозвоночных, близки к членистоногим. Тело червеобразное или язычковидное, длина до 14 см. Свыше 70 видов (Рисунок 11.11). Распространены преимущественно в тропиках. Паразиты - паразитируют в легких и дыхательных путях.



Рисунок 11.11 - Лигватулиды

15. Приапулиды - тип морских беспозвоночных животных в составе таксона Scalidophora (Рисунок 11.12). Обитают в толще морских донных осадков. Большинство представителей ведёт роющий образ жизни.

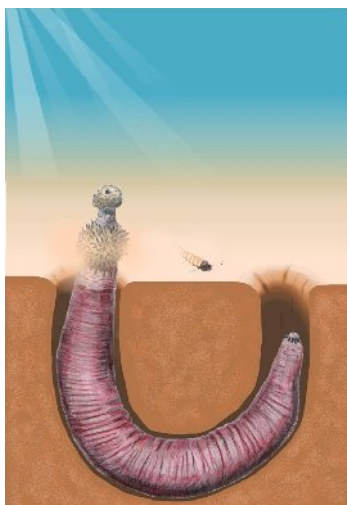


Рисунок 11.12 - Приапулиды

16. Немательминты Nematelminthes или Первичнополостные черви Ashelminthes (волосатики, гастротрихи, коловратки, киноринхи, скребни, круглые черви – нематоды)

17. Плоские черви

18. Мезозои - собирательное название для двух типов многоклеточных животных, которые, по современным представлениям, имеют независимое происхождение и не составляют единого таксона. Примитивные многоклеточные, которые ещё не приобрели нервной, мышечной и пищеварительной систем.

19. Погонофоры - тип морских беспозвоночных животных, обитающих в длинных хитиновых, открытых с обоих концов трубках (Рисунок 11.13).

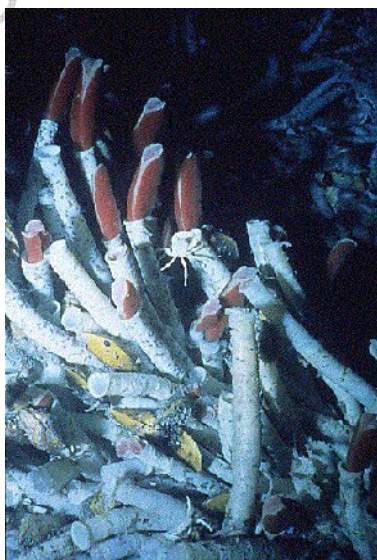


Рисунок 11.13 - Погонофоры

20. Ластимантигофоры - ископаемая группа примитивных многоклеточных животных

21. Форониды (Phoronidea) - тип морских беспозвоночных животных из группы первичноротых. Один из самых малочисленных и наименее изученных типов животных (Рисунок 11.14).



Рисунок 11.14 – Форониды

22. Мшанки Bryozoa или Polyzoa – тип беспозвоночных животных типа щупальцевых (Рисунок 11.15)



Рисунок 11.15 – Мшанки

23. Плеченогие (Brachiopoda) - тип беспозвоночных животных. морские сидячие формы (Рисунок 11.16). Тело с брюшной и спинной сторон покрыто двустворчатой известковой раковинной длиной до 10 см



Рисунок 11.16 – Плеченогие

24. Камптозои - тип беспозвоночных животных. Мелкие, большей частью колониальные животные (от 1 мм до 1 см), ведущие прикрепленный образ жизни (Рисунок 11.17).



Рисунок 11.17 - Камптозои

25. Гребневики - тип многоклеточных животных. Это морские, преимущественно планктонные животные (Рисунок 11.18).

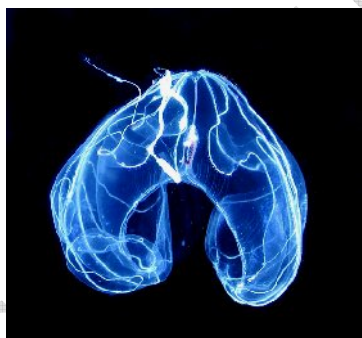


Рисунок 11.18 - Гребневики

26. Кишечнополостные - тип низкоорганизованных животных (Рисунок 11.19)



Рисунок 11.19 - Кишечнополостные



27. Губки – тип организмов: многоклеточные, водные, преимущественно морские, модульные, беспозвоночные, не достигшие уровня тканевой организации. Часто образуют колонии. В настоящее время описано около 8000 видов (Рисунок 11.20).



Рисунок 11.20 – Губки

28. Археоциаты - тип вымерших беспозвоночных животных. Обитали в морях раннего кембрия (на глубине до 100 м). Имели известковый, обычно кубкообразный или роговиднойогнутый пористый скелет (греч. *kyathos* — кубок, отсюда название), длина в среднем 5—10 см (Рисунок 11.21). Известно более 1000 видов; найдены во всех частях земного шара.

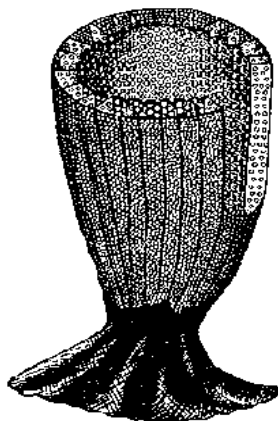


Рисунок 11.21 – Археоциаты

29. Сфинктозоа - тип вымерших животных, условно относимый к типу губок.

30. Пластинчатые - включает в себя лишь один вид — *Trichoplax adhaerens*. Являются самыми примитивными из всех многоклеточных животных. Простота организации трихоплакса первична. Это маленькие (около 3 мм) бесцветные существа (Рисунок 11.22). Форма тела трихоплаксов напоминает пластинку и постоянно изменяется. Несколько тысяч клеток расположены в два слоя. Между ними находится полость, заполненная жидкостью. Нервная координация отсутствует.





Рисунок 11.22 - Пластинчатые

31. Инфузории или Ресничные - тип протистов из группы Alveolata (Рисунок 11.23). Есть подвижные и прикрепленные формы, одиночные и колониальные. Форма тела инфузорий может быть разнообразной, размеры одиночных форм от 10 мкм до 5 мм и более

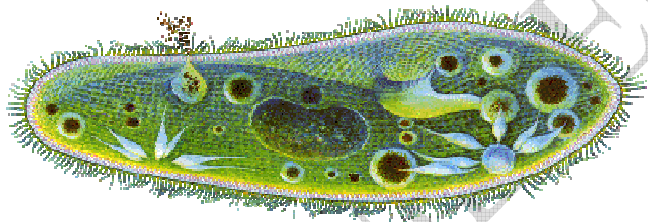


Рисунок 11.23 – Инфузории

32. Саркодовые тип простейших беспозвоночных. Органеллами движения и захвата пищи у служат псевдоподии (Рисунок 11.24).

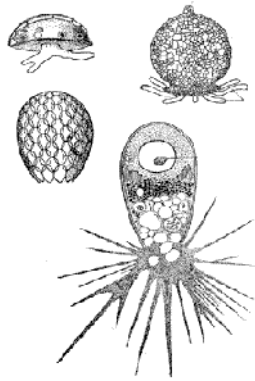


Рисунок 11.24 – Саркодовые

33. Кнidosпоридии - тип паразитических простейших. Характерные для них споры содержат амeboидный зародыш и одну или несколько стрекательных капсул. Наличие стрекательных капсул, служащих для прикрепления паразита к тканям организма-хозяина, обеспечивает широкое распространение. Паразитируют в тканях и органах ряда беспозвоночных животных и рыб, вызывают опасные заболевания, часто приводящие к гибели животных.

34. Споровики - класс паразитических простейших (возбудитель малярии) (Рисунок 11.25).



Рисунок 11.25 - Рыба, пораженная споровиком

35. Жгутиковые (Зоожгутиковые). Тип характеризуются наличием одного, двух или множества жгутов, являющихся органоидами движения. У немногих видов временно или постоянно могут существовать и псевдоподии. Жгутиковые представляют интерес в том отношении, что в пределах этого типа проходит как бы граница между растительным и животным миром.

Дальнейшая классификация:

**Подтип:** (имеются у хордовых и членистоногих)

**Класс:** один из основных рангов иерархической классификации в биологической систематике. В иерархии систематических категорий класс стоит ниже типа и выше отряда (Круглоротые, панцирные, хрящевые, костные, земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие)

**Инфракласс:** инфракласс характеризуется степенью организации и эколого-морфологическим разнообразием (однопроходные, сумчатые, плацентарные).

**Надотряд:** Надотряд (superordo), систематическая категория, применяемая в некоторых, лучше изученных классах животных для объединения филогенетически более близких отрядов (лавразиотерии, хищные и др. )

**Отряд:** Отряд (ordo) в систематике животных, таксономическая категория, объединяющая несколько семейств. Близкие отряды составляют класс (насекомоядные, рукокрылые, хищные, грызуны, зайцеобразные, приматы, парнокопытные, непарнокопытные, неполнозубые, хоботные, китообразные, сирены).

**Подотряд:** ранг иерархической классификации.

**Семейство:** в семейство (иногда сначала в подсемейство) объединяют близкие роды.

**Подсемейство:** один из рангов иерархической классификации в биологической систематике. В иерархии систематических категорий подсемейство стоит ниже семейства и выше рода.

**Род:** один из основных рангов иерархической классификации в биологической систематике. В иерархии систематических категорий род стоит ниже семейства и выше вида.

**Вид:** Вид – популяция особей, обладающая сходным строением, функциями, скрещивающаяся только между собой, имеющая общее происхождение.

**Подвид:** совокупность географически (реже экологически) обособленных популяций одного вида, особи которых отличаются достаточно устойчивыми признаками (одним или несколькими)

**Пример классификации семейства кошачьих:**

Царство:	Животные
Тип:	Хордовые
Класс:	Млекопитающие
Инфракласс:	Плацентарные

Надотряд:	Лавразиотерии
Отряд:	Хищные
Подотряд:	Кошкообразные
Семейство:	<b>Кошачьи</b>
<b>Латинское название</b>	
Felidae	
<b>Подсемейства</b>	
•	Малые кошки (Felinae)
•	Большие кошки (Pantherinae)
•	† Саблезубые кошки (Machairodontinae)
•	† Proailurinae

- Подсемейство **Малые кошки** (Felinae)
  - род гепарды (*Acinonyx*)
  - гепард (*Acinonyx jubatus*)
  - род каракалы (*Caracal*)
  - каракал (*Caracal caracal*)
  - род катопумы (*Catopuma*)
  - калимантанская кошка (*Catopuma badia*)
  - азиатская золотистая кошка (кошка Темминка) (*Catopuma temmincki*)
  - род кошки (*Felis*)
  - китайская кошка (гобийская серая кошка) (*Felis bieti*)
  - хаус (камышовая кошка) (*Felis chaus*)
  - манул (*Felis manul*)
  - барханная кошка (*Felis margarita*)
  - черноногая кошка (*Felis nigripes*)
  - лесная кошка (*Felis silvestris*), в том числе домашняя кошка и степная кошка
  - род тигровые кошки (*Leopardus*)
  - пампаская кошка (*Leopardus colocolo*)
  - кошка Жоффруа (*Leopardus geoffroyi*)
  - чилийская кошка (кодкод) (*Leopardus guigna*)
  - андская кошка (*Leopardus jacobitus*)
  - оцелот (*Leopardus pardalis*)
  - онцилла (*Leopardus tigrinus*)
  - длиннохвостая кошка (марги, маргай) (*Leopardus wiedii*)
  - род сервалы (*Leptailurus*)
  - сервал (*Leptailurus serval*)
  - род рыси (*Lynx*)
  - канадская рысь (*Lynx canadensis*)
  - обыкновенная рысь (*Lynx lynx*)
  - пиренейская рысь (*Lynx pardinus*)
  - рыжая рысь (*Lynx rufus*)
  - род (*Pardofelis*)
  - Мраморная кошка (*Pardofelis marmorata*)
  - род азиатские кошки (*Prionailurus*)
  - бенгальская кошка (*Prionailurus bengalensis*)
  - ириомотская кошка (*Prionailurus bengalensis iriomotensis*)
  - суматранская кошка (*Prionailurus planiceps*)
  - пятнисто-рыжая кошка (*Prionailurus rubiginosus*)

- кошка-рыболов (*Prionailurus viverrinus*)
- род (*Profelis*)
- золотая кошка (*Profelis aurata*)
- род пумы (*Puma*)
- пума (*Puma concolor*)
- ягуарунди (*Puma yaguaroundi*)
- Подсемейство **большие кошки** (*Pantherinae*)
- род дымчатые леопарды (*Neofelis*)
- дымчатый леопард (*Neofelis nebulosa*)
- калимантанский дымчатый леопард (*Neofelis diardi*)
- род пантеры (*Panthera*)
- лев (*Panthera leo*)
- тигр (*Panthera tigris*)
- леопард (*Panthera pardus*)
- ягуар (*Panthera onca*)
- род снежные барсы (*Uncia*)
- снежный барс, ирбис (*Uncia uncia*)

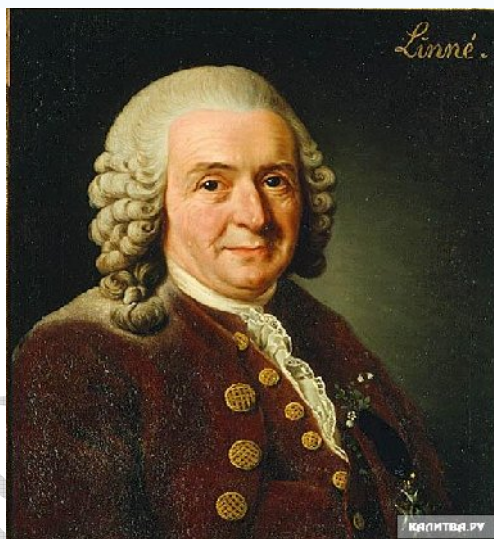


Рисунок 11.26 - Линней Карл (1707-1778)

Шведский естествоиспытатель, создатель системы растительного и животного мира, первый президент Шведской АН (с 1739), иностранный почетный член Петербургской АН (1754). Впервые последовательно применил бинарную номенклатуру и построил наиболее удачную искусственную классификацию растений и животных, описал около 1500 видов растений. Выступал в защиту постоянства видов и креационизма. Автор «Системы природы» (1735), «Философии ботаники» (1751) и др.

Главная работа "Система растений" заняла целых 25 лет, и только в 1753 году Линней опубликовал свой главный труд.

Ученый предложил бинарную номенклатуру - систему научного наименования растений и животных. Основываясь на особенностях строения, он разделил все растения на 24 класса, выделив также отдельные роды и виды. Каждое название должно было состоять из двух слов - родового и видового обозначений.

Позже Линней применил свой принцип и к классификации всей природы, в частности, минералов и горных пород. Он также стал первым ученым, который отнес человека и обезьяну к одной группе животных – приматам, со словами: «знай свое место».



Рисунок 11.27 - Антони ван Левенгук (Leeuwenhoek) (1632-1723)

Нидерландский натуралист, один из основоположников научной микроскопии. Изготовив линзы с 150-300-кратным увеличением, впервые наблюдал и зарисовал (публикации с 1673) ряд простейших, сперматозоиды, бактерии, эритроциты и их движение в капиллярах.

Никакого образования он не получил. Отец, небогатый ремесленник, отдал мальчика на учение к суконщику. Вскоре Антони стал самостоятельно торговать мануфактурой, был кассиром и бухгалтером в одном из торговых учреждений в Амстердаме. Позднее он служил стражем судебной палаты в родном городе, что по современным понятиям соответствует должностям дворника, истопника и сторожа одновременно. Еще в молодости Антони научился изготавливать увеличительные стекла, увлекся этим делом и достиг в нем изумительного искусства. На досуге он любил шлифовать оптические стекла и делал это с виртуозным мастерством. В те времена самые сильные линзы увеличивали изображение лишь в двадцать раз. «Микроскоп» Левенгука — это, по существу, очень сильная лупа. Она увеличивала до 250-300 раз. Такие сильные увеличительные стекла в то время были совершенно неизвестны. Линзочки, т. е. увеличительные стекла Левенгука, были очень малы — величиной с крупную горошину. Пользоваться ими было трудно. Крохотное стеклышко в оправе на длинной ручке приходилось прикладывать вплотную к глазу. Но, несмотря на это, наблюдения Левенгука отличались для того времени большой точностью. Эти замечательные линзы и оказались окном в новый мир. Долгое время считалось, что Левенгук шлифовал свои линзы, что, учитывая их крошечные размеры, было необычайно трудоёмким занятием, требовавшим огромной точности. Никому после Левенгука так и не удавалось изготовить аналогичные по устройству приборы такого же качества изображения.



## 12 ОСНОВЫ КЛИМАТОЛОГИИ

**Погода** – состояние атмосферы в данном месте Земли в определенный момент или интервал времени. Совокупность погод в данном месте принято называть климатом.

**Климат.** По-гречески, климат – означает наклон. В климатологии имеется в виду наклон земной поверхности к солнечным лучам. Климат – одна из основных географических характеристик той или иной местности, он определяет многолетний статистический режим погоды этого места.

Основные особенности климата зависят от поступления энергии солнечного излучения. Вращение Земли вокруг своей оси, наклоненной к плоскости экватора на  $23,26^\circ$ , и обращение Земли вокруг Солнца приводят к суточным и годичным вариациям погоды, а также к определенным широтным (зональным) закономерностям климата на Земле (Рисунок 12.1).

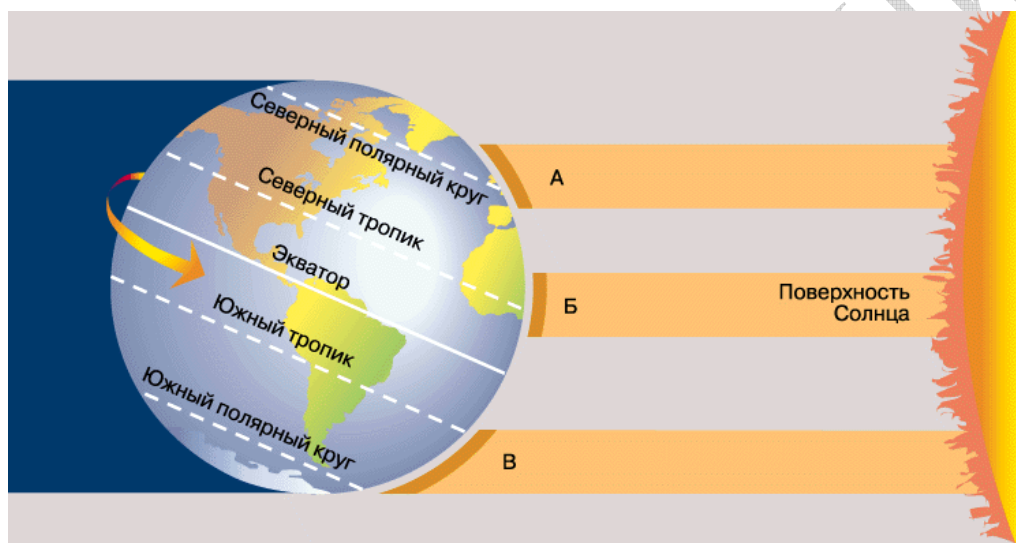


Рисунок 12.1 - Разница нагрева земли, обусловленная наклоном ее оси

В результате разницы нагрева появляются климатические пояса на Земле (Рисунок 12.2,3) и зоны продолжительности солнечного сияния.



Рисунок 12.2 - Зоны России формируемые по количеству поступающего света от солнца

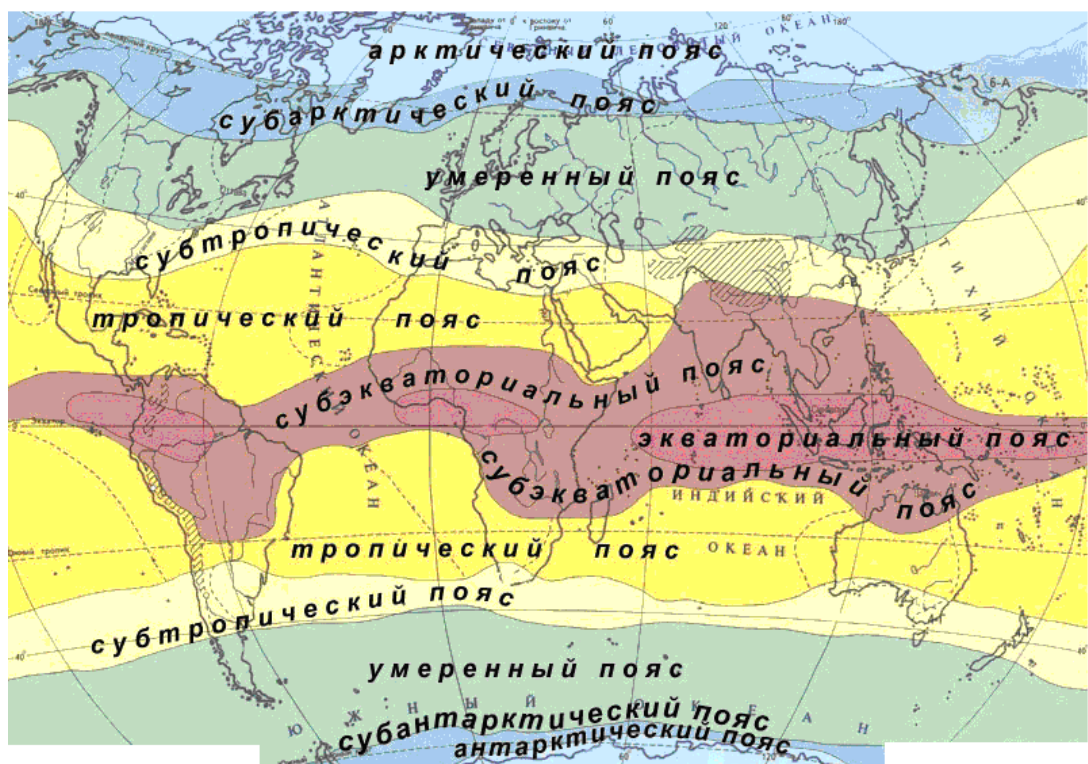


Рисунок 12.3 - Климатические пояса Земли

Приток солнечного света и тепла, приходящих на вращающуюся Землю, приводит к суточному изменению температуры почти на всех широтах, кроме полярных шапок, где ночи и дни могут длиться вплоть до полугода. Суточные и годовые изменения освещенности Земли солнечными лучами приводят к сложной периодической изменчивости нагрева в различных районах Земли. Результатом неодинакового нагрева в разных участках суши, океана и атмосферы является возникновение мощных струйных течений в океанах, а также ветры, циклоны и ураганы в тропосфере. Эти перемещения вещества сглаживают перепады температуры, при этом они оказывают сильное влияние на погоду в каждой точке Земли и, тем самым, формируют климат на всей планете. Можно ожидать, что установившийся в течение тысячелетий тепловой режим на Земле должен обеспечить очень точную повторяемость погодных явлений в каждом заданном регионе. Однако во многих других местах, при сохранении общих закономерностей, за многие годы часто наблюдаются заметные отклонения от среднего. Все эти аномалии хотя бы частично, могут быть связаны с солнечной активностью. На фоне сравнительно устойчивого климата погода постоянно меняется, в основном, за счет циркуляции атмосферы. Наиболее устойчива погода в тропических странах и наиболее изменчива в средних широтах и околополярных областях, в частности, на севере Атлантического и Тихого океанов, где часто возникают и развиваются циклоны.

Классификаций климатов несколько. Есть строго научные подробные классификации климатов всего земного шара, есть классификации для отдельных географических районов и даже для отдельных стран. Наиболее простая и известная классификация (Рисунок 12.4), которой пользуется большинство людей, хотя она не является официально признанной и не отличается полнотой, следующая: холодный, умеренный, жаркий — по режиму температуры, кроме того, каждую из трех основных разновидностей климата можно в зависимости от режима осадков и влажности дополнительно характеризовать как морской (влажный, с ровным ходом температуры) или континентальный (сухой, с резкими колебаниями температуры). Например, в Антарктике по этой классификации климат

холодный континентальный, в Арктике — холодный морской, в Восточной Европе — умеренный континентальный, а в Западной Европе — умеренный морской, в Северной Африке, на Ближнем Востоке, на юге Средней Азии — жаркий континентальный, а на Кубе и других островах Карибского моря — жаркий морской. Это упрощенная, очень приблизительная классификация земных климатов, не включающая многие важные климатические области.

Тип климата	Средние температуры, °С		Осадки, мм	Господствующие ветры	
	январь	июль		зима	лето
<b>Арктический пояс</b>					
 Арктический	-28...-36	+4...+8	100-200	Ю-З Ю	С-В В
<b>Субарктический пояс</b>					
 Субарктический	-16...-36	+12...+16	200-400	Ю-З	С
<b>Умеренный пояс</b>					
 Умеренно-континентальный	-8...-16	+16...+20	600	З Ю-В	З
 Континентальный	-16...-24	+16	400	Ю	С
 Резко-континентальный	-24...-28	+16	200-300	Ю-З	С Ю-З
 Муссонный	-20...-24	+12...+20	700-1200	З	В
 Морской	-4...-8	+8...+12	800-1200	С	Ю
<b>Субтропический пояс</b>					
 Субтропический	0...+2	+20	400-1200	В С-В	З

Рисунок 12.4 - Упрощенная классификация климатов

**Классификация климатов Кёппена** — одна из наиболее распространённых систем классификации типов климата. Классификация была разработана немецким климатологом Владимиром Петровичем Кёппеном (Рисунок 12.18) в 1900 (с некоторыми дальнейшими, сделанными им самим, изменениями в 1918 и 1936). Она основывается на концепции, в соответствии с которой наилучшим критерием типа климата является то, какие растения растут на данной территории в естественных условиях.

Классификация климатов **Кёппена**, основана на учете режима температуры и осадков. Намечается 5 типов климатических зон (Рисунок 12.5), именно: А — влажная тропическая зона без зимы; В — две сухие зоны, по одной в каждом полушарии; С — две умеренно теплые зоны без регулярного снежного покрова; D — две зоны бореального клима-

та на материках с резко выраженными границами зимой и летом; Е — две полярные области снежного климата. Границы между зонами проводятся по определенным изотермам самого холодного и самого теплого месяцев и по соотношению средней годовой температуры и годового количества осадков при учете годового хода осадков. Внутри зон типов А, С и D различаются климаты с сухой зимой (w), сухим летом (s) и равномерно влажные (f). Сухие климаты по соотношению осадков и температуры делятся на климаты степей (BS) и климаты пустынь (BW), полярные климаты — на климат тундры (ЕТ) и климат вечного (постоянного) мороза (ЕF). Таким образом, получается 11 основных типов климата: Af — климат тропических лесов, Aw — климат саванн, BS — климат степей, BW — климат пустынь, Cw — климат умеренно теплый с сухой зимой, Cs — климат умеренно теплый с сухим летом (средиземноморский), Cf — климат умеренно теплый с равномерным увлажнением, Dw — климат умеренно холодный с сухой зимой, Df — климат умеренно холодный с равномерным увлажнением, ET — климат тундры, EF — климат вечного мороза. Для дальнейшей детализации вводятся 23 дополнительных признака и соответствующие индексы (a, b, c, d и т. д.), основанные на деталях в режиме температуры, осадков, и характерной растительности.

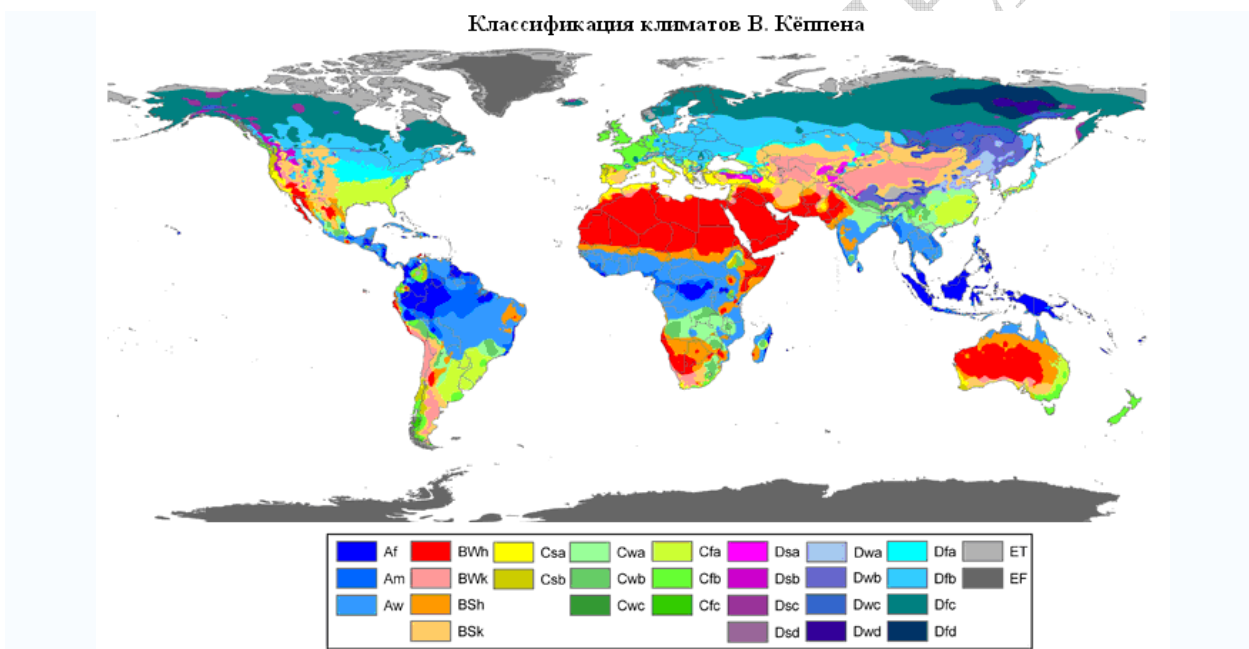


Рисунок 12.5 - Климат мира

Выдающийся советский ученый Л. С. Берг (Рисунок 12.19) разработал следующую классификацию климатов Земли. Он выделил две большие группы:

1. Климаты низин.
2. Климаты возвышенностей.
3. Среди климатов низин Л. С. Берг выделяет одиннадцать типов:
4. Климат тундры — в Арктике и Антарктике.
5. Климат тайги, на Скандинавском п-ове и в Северной Америке.
6. Климат лесов умеренной зоны — в СССР, в Западной Европе и в Северной Америке (в области Великих озер).
7. Климат муссонный — на Амуре, в Маньчжурии (Северо-Восточный Китай), Северном Китае, на Южном Сахалине и в Северной Японии.
8. Климат степей — в СССР, Монголии, на западе США, в Австралии и Аргентине.



9. Климат пустынь с холодными зимами — в СССР (пустыни Средней Азии).

10. Климат средиземноморских стран — на Южном берегу Крыма, юге Австралии, Калифорнии. Здесь лето жаркое, а зима хотя и теплая, но дождливая.

11. Климат субтропических лесов — в Южном Китае, Южной Японии, Северной Индии, Закавказье, Южной Африке, Юго-Востоке США и районе Ла-Платы в Южной Америке.

12. Климат пустынь с теплыми зимами — в Сахаре, пустынях Аравии и Австралии, пустыне Атакама в Чили.

13. Климат тропического лесостепья (область саванн) — в Венесуэле, Гвиане, к югу от Амазонки, в тропической Америке, на севере Австралии, на Гавайских о-вах.

14. Климат тропических влажных лесов — в бассейне Амазонки, в восточной части Центральной Америки, на Больших Антильских о-вах, на юге Флориды, в тропической Африке, на Новой Гвинее и на Филиппинских о-вах.

15. Климаты возвышенностей повторяют основные типы климатов низин. Кроме того, на возвышенностях бывает климат вечного мороза.

**Прогнозирование погоды.** В 1816—1820 гг. в Германии были созданы первые синоптические карты для Европы. Первые сохранившиеся записи инструментальных метеорологических наблюдений в Москве выполнялись с сентября 1731 по февраль 1732 г. Однако регулярные наблюдения за погодой в Москве начались лишь с мая 1820 г. в Московском университете. В Петербурге же наблюдения за погодой начались в 1872 г. В настоящее время предсказания погоды производятся с точностью до 75—90%. Прогнозы текущей погоды (в пределах от 0 и вплоть до 6–12 часов) основываются на интенсивном, с точки зрения наблюдений, подходе и называются прогнозами текущей погоды. Традиционно прогнозирование текущей погоды концентрируется на анализе и экстраполяции наблюдаемых метеорологических полей с особым упором на мезомасштабные поля облаков и осадков, полученных по данным спутников и радиолокаторов. Прогностическая продукция текущей погоды особенно ценна в случае мезомасштабных неблагоприятных условий погоды, связанных с сильной конвекцией и интенсивными циклонами. В случае с тропическими циклонами, прогнозирование текущей погоды является важным подходом к обнаружению и последующему краткосрочному предсказанию, которое обеспечивает действенность прогноза в некоторых случаях свыше 24 часов. Численный (гидродинамический) метод прогноза погоды основан на математическом решении системы полных уравнений гидродинамики и получении прогностических полей давления, температуры на определенных промежутки времени. Вычислительные центры Москва, Вашингтон, Токио, Рейдинг (Европейский прогностический центр) используют различные численные схемы развития крупномасштабных атмосферных процессов. Точность численных прогнозов зависит от скорости расчета вычислительных систем, от количества и качества информации, поступающей с метеостанций. Чем больше данных, тем точнее расчет. Прогноз с 100% точностью не в состоянии дать ни один прогностический центр.

### **Климатообразующие факторы**

Климатические условия играют важную роль в жизни людей. Общепризнано существование более десятка климатообразующих факторов. Как наиболее существенные выделяются следующие:

- солнечная радиация;



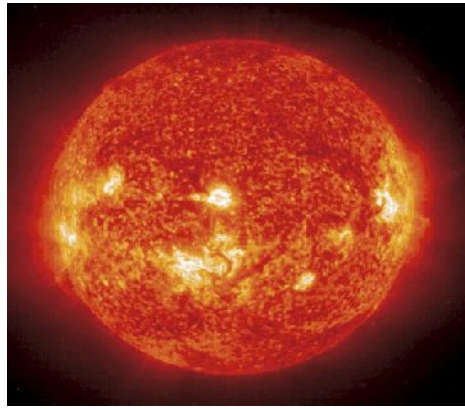


Рисунок 12.6 - Желтый карлик – Солнце

Общепризнано, что именно активность солнца и баланс солнечной энергии, передаваемой Земле, определяет климат (Рисунок 12.7).

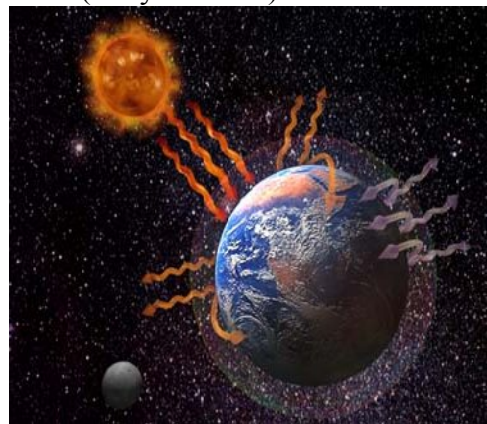


Рисунок 12.7 - Процесс нагрева и потери тепла Землей от Солнца

В 1843 г. Швабе из анализа определений чисел пятен открыл их изменения с течением времени и нашел средний их период, равный примерно 10 годам. Этот вывод в дальнейшем был окончательно утвержден астрономом Р. Вольфом после организации им регулярных наблюдений Солнца и введения индекса относительных чисел солнечных пятен. Число Вольфа, иначе называемое относительным числом солнечных пятен, измеряется как  $W = 10g + f$ , где  $f$  – число всех существующих на данный момент пятен, а  $g$  – число групп. Вольф установил, что числа солнечных пятен испытывают циклические изменения со средним периодом 11.1 года. Позже это правило стало называться законом Швабе-Вольфа. Данная цикличность повышает интенсивность теплового потока от Солнца, с указанной периодичностью (Рисунок 12.8).

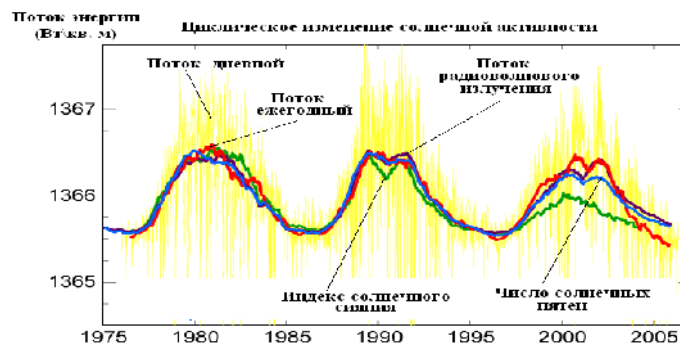


Рисунок 12.8 - 11-летний цикл активности Солнца

Ученые, предсказывающие надвигающееся глобальное похолодание, заявляют, что жизнь на Земле (в том числе и перемена климата) целиком и полностью зависит от поступающей энергии солнечного излучения. А человечество сильно преувеличивает свое значение в этом процессе. Современное и ожидаемое в обозримом будущем индустриальное воздействие на природу не способно изменять мир так, как Солнце. Помимо 11-летнего цикла активности имеется длинный солнечный цикл – примерно 200 лет. За это время активность и светимость Солнца постепенно снижаются до минимума, а затем повышаются. Сторонники теории похолодания, определили, что сейчас наша планета живет в условиях «остывающего» Солнца. **Согласно их предположению стабильное снижение температуры в глобальном масштабе начнется в 2013–2015 годах. И продлится примерно полвека. В 2055–2060 годах наступит глубокий минимум температуры. Грядущее похолодание, возможно, приведет к значительному увеличению площади снежно-ледового покрова.**

После этого периода холодов по закону цикличности обязательно вновь наступит потепление. Температура на планете начнет постепенно повышаться в начале XXII века. Ни похолодание, ни потепление не могут длиться дольше, чем им отмерено 200-летними колебаниями размера и светимости Солнца. Однако, надежных исторических данных подтверждающих эту теорию не имеется. Из летописей известно следующее:

В **1010 — 1011** годах морозы сковали турецкое побережье Черного моря. Ужасные холода достигли **Африки**, где низовье реки **Нил** было покрыто льдом;

В **1210-1211** годах замерзали реки По и Рона. В Венеции по замерзшему Адриатическому морю ходили обозы;

В **1322** году Балтийское море покрылось столь толстым слоем льда, что из Любека в Дании к берегам Померании ездили на санях;

В **1326** году замерзло все Средиземное море;

В **1365** году Рейн был покрыт льдом в течение трех месяцев;

В **1407-1408** годах замерзли все швейцарские озера;

В **1420** году в Париже была ужасная смертность от холода; волки забегали в город, чтобы пожирать трупы, валявшиеся непогребенными на улицах;

В **1468** году в Бургундии замерзло вино в подвалах.

В **1558** году целая армия в 40 000 человек стояла лагерем на замерзшем Дунае, а во Франции замерзшее вино продавалось кусками на вес;

О холодах XVIII столетия имеются более точные сведения благодаря изобретению термометра.

В **1709** году в Париже в течение многих дней было —24 градуса; вино замерзло в погребах, колокола трескались во время звона;

В **1795** году морозы в Париже доходили до -23 градусов. В этом году один эскадрон французской кавалерии взял штурмом целый голландский флот, захваченный льдом у берегов Франции;

В XX веке в зиму **1953-1954** годов на обширной территории от Атлантики до Урала с ноября по апрель лютвала стужа, замерзла северная часть Черного и вся акватория Азовского морей.

Жгучими морозами и свирепыми буранами запомнилась и зима **1962-1963** годов. Лед сковал обычно не замерзающий Датский пролив, опять замерзли каналы Венеции и реки Франции.

В **2002** году в Германии из-за морозов полностью было остановлено движение судов по каналу Майн-Дунай, являющемуся важной европейской водной транспортной артерией. Толщина льда, в который вмерзли более 20 судов, достигала местами 70 см.

Тогда же из-за сильных холодов замерзла лагуна Венеции, гондолы, вмерзли в лед. До этого лагуна замерзала в **1985** году.

В конце **2005** года большинство стран Центральной и Западной Европы оказались во власти сильных снегопадов. В Германии необычные для этого времени года холода привели к обледенению и обрыву линий электропередач. Зима **2009-10** года – без комментариев т.к. ее помнят.

- параметры орбиты Земли.
- изменения в магнитном поле Земли (Схема магнитосферы Земли: в средней полосе (между двумя магнитными полюсами) находится нейтральная по магнитным свойствам зона или токовый слой, испытывающий воздействие солнечного ветра) (Рисунок 12.9).

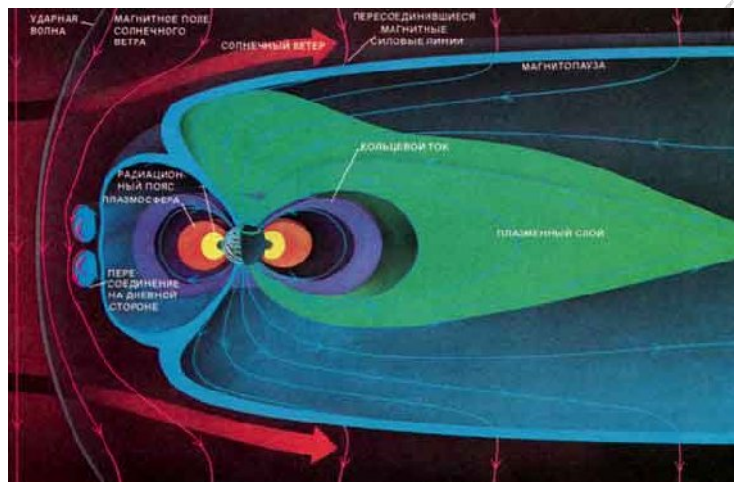


Рисунок 12.9 - Магнитосфера Земли – чувствительная оболочка планеты при взаимодействии с электромагнитными излучениями Солнца, небесных тел и Галактики)

- Наличие циклов **ГЕОЛОГИЧЕСКОГО** времени определяющих погоду на длительный срок (возможно, что это сотни и тысячи лет);
- изменения активности биосферы;
- гравитационные сжатия космического масштаба;
- движение воздушных масс и наличие облачности;
- пульсации ледников ( В середине XX века люди столкнулись с еще одной проблемой — пульсирующими ледниками, отличающимися внезапными продвижениями своих концов, вне видимой связи с изменениями климата. Сейчас известны сотни пульсирующих ледников во многих ледниковых районах. Больше всего их на Аляске, в Исландии и на Шпицбергене, в горах Центральной Азии, на Памире);
- величина влажности в атмосфере, сезонная неравномерность выпадения осадков (Наибольшее количество снега за год — 31,1 м — выпало в районе города Парадиз в штате Вашингтон, США, в 1971—1972 гг.);
- движения воздушных масс на различных высотах (Рисунок 12.10);

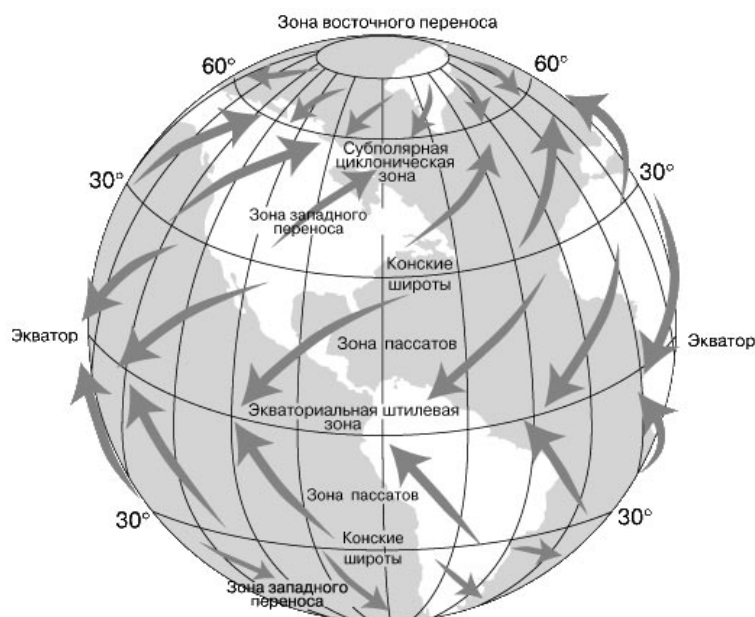


Рисунок 12.10 - Движения ветров на Земле

**Конские широты** — районы Атлантического океана между 30—35° с. ш. и ю. ш., для которых характерны субтропические океанические антициклоны со слабыми ветрами и частыми штилями. Давление воздуха в этих широтах высокое, так как именно там воздух, поднявшийся в верхние слои атмосферы в тропических районах из-за интенсивного нагрева почвы, опускается обратно к земной поверхности. На суше в полосу конских широт попадают самые жаркие пустыни мира, включая Сахару. От "конских широт" к экватору направляются потоки, называемые "пассатами". В районах конских широт воздух бывает таким неподвижным, что моряки порой всю ночь читали на палубе при свече, а парусные суда в течение длительного времени не могли сдвинуться с места. В XVIII веке во времена парусного мореплавания штили вызывали длительные задержки судов в пути и из-за недостатка пресной воды приходилось выбрасывать за борт лошадей, которых везли из Старого света (Европы) в Новый Свет. Суеверные моряки утверждали, что по ночам здесь часто появляются призраки лошадей. Отсюда и произошло название — конские широты.

- автоколебания в системе атмосфера-океан (Как известно, внутри планеты на глубине 450 км содержится большой запас воды, при условном разлитии которого по поверхности мог бы образоваться слой толщиной в 800 м.) (Рисунок 12.11,12);



Рисунок 12.11 - Типичные наводнения последних лет

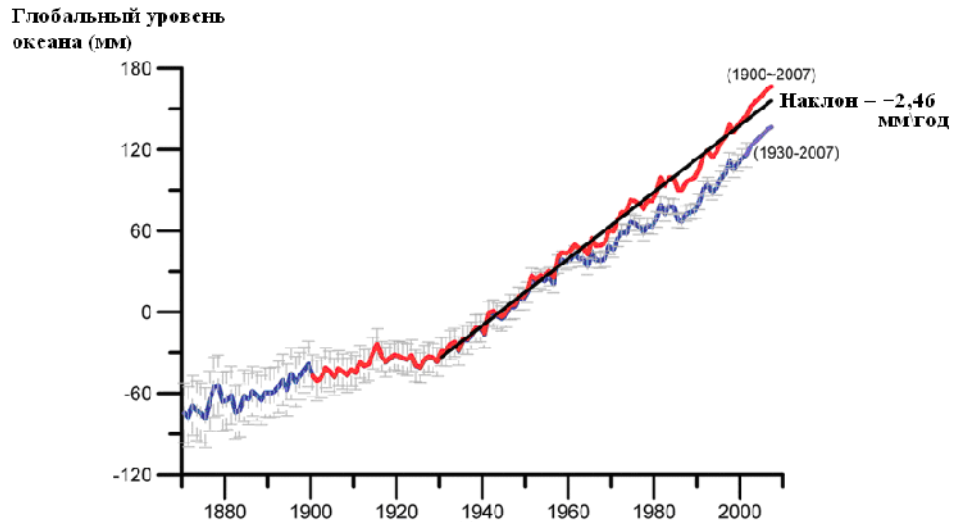


Рисунок 12.12 - Изменения уровня океана

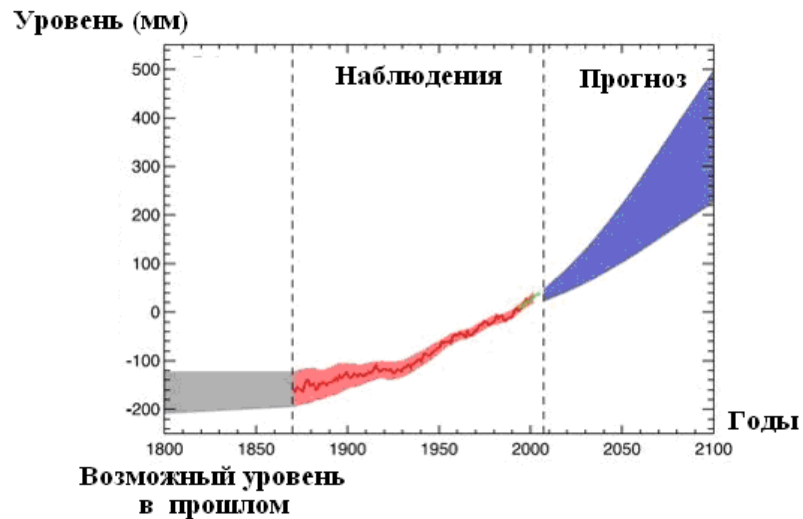


Рисунок 12.13 - Прогнозируемый уровень океана

Оценки данных прогноза сильно различаются (**Рисунок 12.13**). Особенно это касается уровня воды в мировом океане: отдельные оценки говорят о росте на метр и менее к концу столетия, но они могут быть катастрофически далеки от реальности. Опубликованная в авторитетном журнале Nature статья предлагает взглянуть на будущее глазами прошлого и показывает, что в период истории планеты со схожими с настоящими температурными условиями уровень моря был более чем на 6 м выше. Проблема с точными данными для некоторой временной отметки, как в случае конца столетия, заключается в медлительности изменения и приспособления к новым условиям геосистем планетарного масштаба. Если речь идёт о гидросфере, то океаны выступают огромными "поглотителями" тепла, поэтому должны пройти многие десятилетия до момента установления равновесного состояния между действием парниковых газов и глобальной температурой. Затем десятилетия уйдут на адаптацию других экосистем, например, областей с холодным прежде климатом к потеплению. То же характерно применительно к изменению уровня моря. Частично эффект будет связан с увеличением объёма нагревающегося Мирового океана, но существенный вклад также внесёт таяние ледников (**Рисунок 12.14,15**), для чего по-



требуется немало солнечной энергии. Общий объем льда на Земле составляет почти 26 млн. км<sup>3</sup>, или около 2% всей земной воды. Эта масса льда равна стоку всех рек земного шара за 700 лет. Если существующий лед равномерно распределить по поверхности нашей планеты, он покроет ее слоем толщиной 53 м. А если бы этот лед внезапно растаял, то уровень Мирового океана повысился бы на 64 м.



Рисунок 12.14 - Ледники Антарктики

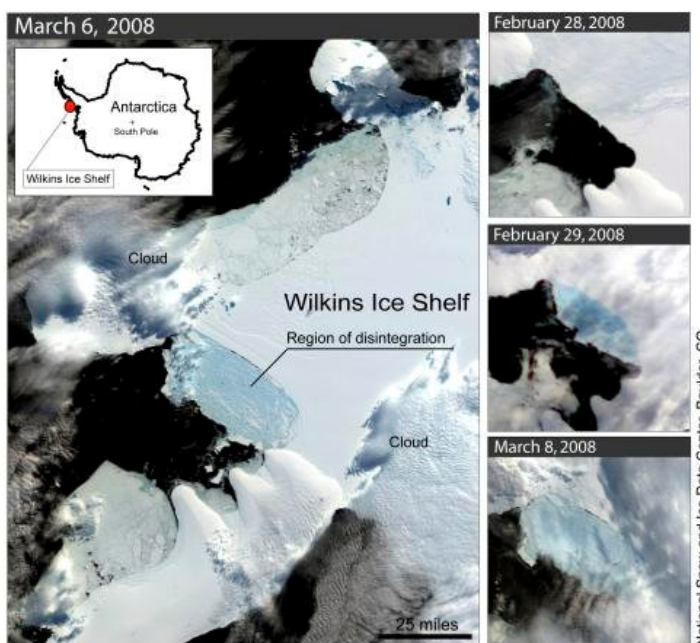


Рисунок 12.15 - Антарктида «разваливается на куски»

- изменения концентраций тропосферных аэрозолей;
- вулканическая активность, вызывающая загрязнение стратосферы аэрозолями серной кислоты (Возможна активизация вулканической деятельности «огненного кольца» по периметру Тихого океана, приводящая к резкому похолоданию. Активизация вулканов Тихого океана, была зафиксирована в отложениях на дне океана и дешифрованная во время 90 и 91 рейсов научной экспедиции судна «Гломар Челленджер». По отложениям была установлена ритмичность активизации вулканического кольца Тихого океана, совпадающая и с последним оледенением (около 10-12 тыс. лет назад). Вулканическими выбросами в зоне Тихого океана Земля может перевести себя в режим почти мгновенного оледенения);

- концентрация парниковых газов в атмосфере (углекислый газ, метан, закись азота, озон, и др.);
- наличие течений в мировом океане и их колебания в океаническом пространстве;
- изменение течений с созданием сезонных завихрений, меняющих погоду в регионе на некоторый срок;
- явления неодинакового переноса испаренной воды с океанов на сушу;
- структура дна океанов, изменяющая течения;
- различные аномальные процессы в атмосфере и океане (Рисунок 12.16);



Рисунок 12.16 - Циклон, определяющий погоду

- характер рельефа земной поверхности;
- образование и пульсирование бароцентров в атмосфере (Одним из наиболее показательных является Эльбрусский бароцентр, резко активизировавшийся летом 2002 года. Его активизация вызвала сильнейшие наводнения на Северном Кавказе. Подобная же активизация произошла ранее с Альпийским бароцентром. В 1998 году в десятки раз активизировался Монгольский бароцентр);
- накопление в атмосфере парниковых газов.

Приведенные причины в состоянии вызывать временные изменения климата в регионах Земли. Приведенный перечень факторов является лишь приблизительным.

#### **Возможные причины эпох оледенения**

Причина крупных изменений климата и возникновения великих оледенений Земли до сих пор остается загадкой. Все высказанные по этому поводу гипотезы можно объединить в три группы — причину периодических изменений земного климата искали либо вне пределов Солнечной системы, либо в деятельности самого Солнца, либо в процессах, происходящих на Земле. Наиболее употребимые гипотезы причин оледенения:

#### **Галактика**

К космическим гипотезам относятся предположения о влиянии на похолодание Земли различных участков Вселенной, которые проходит Земля, двигаясь в космосе вместе с Галактикой. Одни считают, что похолодание наступает тогда, когда Земля проходит участки мирового пространства, заполненные газом. Другие — те же последствия приписывают воздействию облаков космической пыли. Согласно еще одной из гипотез Земля в целом должна испытывать большие изменения, когда она, перемещаясь вместе с Солнцем,

переходит из насыщенной звездами части Галактики в ее внешние, разреженные области. Когда земной шар приближается к апогалактию — точке, наиболее удаленной от той части нашей Галактики, где расположено наибольшее количество звезд, он входит в зону «космической зимы» и на нем начинается ледниковая эпоха.

### **Солнце**

Развитие оледенений связывают также с колебаниями активности самого Солнца. Гелиофизики уже давно выяснили периодичность появления на нем темных пятен, вспышек, протуберанцев и научились прогнозировать эти явления. Оказалось, что солнечная активность периодически меняется. Существуют периоды разной длительности: 2—3, 5—6, 11, 22 и около 100 лет. Может так случиться, что кульминации нескольких периодов разной длительности совпадут и солнечная активность будет особенно велика. Но может быть и наоборот — совпадут несколько периодов пониженной солнечной активности, и это вызовет развитие оледенения. Подобные изменения солнечной активности, безусловно, отражаются на колебаниях ледников, но вряд ли способны вызвать великое оледенение Земли.

### **CO<sub>2</sub>**

Повышение или понижение температуры на Земле может происходить также в случае изменения состава атмосферы. Так, углекислота, свободно пропускающая солнечные лучи к Земле, но поглощающая большую часть ее теплового излучения, служит колоссальным экраном, который препятствует охлаждению нашей планеты. Сейчас содержание в атмосфере CO<sub>2</sub> не превышает 0,03%. Если эта цифра уменьшится вдвое, то средние годовые температуры в умеренных поясах снизятся на 4—5°, что может привести к началу ледникового периода.

### **Вулканы**

Своеобразным экраном может служить и вулканическая пыль, выбрасываемая при крупных извержениях до высоты 40 км. Облака вулканической пыли, с одной стороны, задерживают солнечные лучи, а с другой — не пропускают земное излучение. Но первый процесс сильнее второго, поэтому периоды усиленного вулканизма должны вызывать охлаждение Земли.

### **Горы**

Широко известна идея о связи оледенения на нашей планете с горообразованием. Во время эпох горообразования, поднимавшиеся крупные массы континентов попадали в более высокие слои атмосферы, охлаждались и служили местами зарождения ледников.

### **Океан**

По мнению многих исследователей, оледенение может возникать также в результате перемены направления морских течений. Например, течение Гольфстрим ранее было отклонено выступом суши, простиравшимся от Ньюфаундленда к островам Зеленого мыса, что способствовало охлаждению Арктики по сравнению с современными условиями.

### **Атмосфера**

В последнее время ученые стали связывать развитие оледенения с перестройкой циркуляции атмосферы — когда в отдельные районы планеты попадает значительно большее количество осадков и при наличии достаточно высоких гор здесь возникает оледенение.

### **Антарктида**

Возможно, возникновению оледенения способствовало поднятие Антарктического материка. В результате разрастания ледникового покрова Антарктиды на несколько гра-

дусов уменьшилась температура всей Земли и на несколько десятков метров понизился уровень Мирового океана, что способствовало развитию оледенения на севере.

Кульминация последней ледниковой эпохи на Земле была 21—17 тыс. лет назад, когда объем льда возрастал приблизительно до 100 млн. км<sup>3</sup>. В Антарктике оледенение в это время захватывало весь континентальный шельф. Объем льда в ледниковом покрове, по-видимому, достигал 40 млн. км<sup>3</sup>, то есть был примерно на 40% больше его современного объема. Граница паковых льдов сдвигалась к северу приблизительно на 10°. В Северном полушарии 20 тыс. лет назад формировался гигантский Панарктический древнеледниковый покров, объединявший Евразийский, Гренландский, Лаврентийский и ряд более мелких щитов, а также обширные плавучие шельфовые ледники. Общий объем щита превышал 50 млн. км<sup>3</sup>, а уровень Мирового океана понижался не менее чем на 125м. Границы ледников в Арктике возможно простирались в масштабах, показанных на рисунке 12.17.

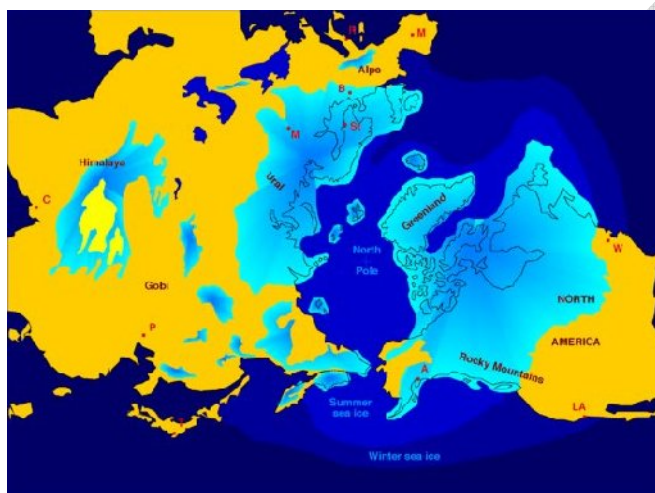


Рисунок 12.17 - Границы арктического ледника в последнюю ледниковую эпоху

### Перенос загрязнений в атмосфере

Неравномерность нагревания воздуха с помощью солнечной энергии служит основной причиной общей циркуляции атмосферы, представляющую собой сложную систему воздушных течений над Землей. Благодаря такой циркуляции усредняется состав основных компонентов воздуха, а воздушные течения переносят водяной пар с океанов в континентальные зоны.

Кроме этого в нижних слоях атмосферы возникают многочисленные местные циркуляции, связанные с особенностями нагревания атмосферы в отдельных районах, которые способствуют переносу и перемешиванию загрязняющих веществ от разных источников. Таким образом, перенос вредных веществ (т.е. загрязнение атмосферы) происходит не по воле случая, а в соответствии с хорошо известными механизмами, связанными с различными параметрами, которые контролируют метеорологические явления. При средней скорости воздушного потока 35 м/с, наблюдаемой вблизи тропопаузы, перенос загрязнений, находящихся на этом уровне, вокруг земного шара осуществляется за 12 суток. Это объясняет, почему примеси, образовавшиеся при атомном взрыве или извержении вулкана, довольно быстро распространяются по всей планете. Наиболее быстрое распространение загрязнений происходит в тропосфере. В то же время, в стратосфере, где очень маленькая скорость вертикальных движений воздуха, частицы могут оставаться годами. Согласно оценкам, средняя продолжительность пребывания неосаждающейся (легкой) частицы равна 2 годам в стратосфере, 4 месяцам вблизи тропопаузы, 30 суток в верхней тропосфере и только 6-10 суток в нижней тропосфере (3 км и менее).



Проведенные исследования показали, что продолжительность пребывания газов антропогенного происхождения в тропосфере достигает 2-4 месяцев. Это явление тем более тревожно, что речь идет о соединениях, для которых не существует эффективного биохимического механизма удаления их из атмосферы с последующей трансформацией или накоплением в воде или почве. В первую очередь это касается малоактивных летучих органических веществ, радиоактивных изотопов с большим и средним периодом полураспада, которые могут практически бесконечно долго существовать в атмосфере. Следовательно, появляется опасность накопления таких радиоактивных элементов в атмосфере. Однако почти во всех случаях атмосферные примеси не находятся долго в тропосфере или стратосфере. Твердые частицы рано или поздно достигают земной поверхности либо под действием силы тяжести, либо в результате захвата их осадками. Таким образом, эти частицы попадают в почву и океаны. Газообразные примеси также растворяются в воде или поглощаются почвой. Впоследствии они трансформируются растениями или микроорганизмами в другие вещества.



Рисунок 12.18 - Владимир Петрович Кёппен

25 сентября 1846 (Санкт-Петербург) - 22 июня 1940

Родился в семье учёного этнографа, Петра Ивановича Кёппена в Санкт-Петербурге. Учился в Санкт-Петербургском университете и в университетах Гейдельберга и Лейпцига, где в 1870 году защитил диссертацию. С 1872 по 1873 год работал секретарём метеорологической комиссии Императорского Русского географического общества, затем поступил на службу в германскую морскую обсерваторию в Гамбурге, где работал до 1919 года. Его труд «Geographisches System der Klimate» (1936), в котором он разработал объективную классификацию климата на земле, по сей день имеет большое значение.



Рисунок 12.19 - Лев Семёнович Берг  
(2 марта 1876, Бендеры Бессарабской губернии — 24 декабря 1950, Ленинград)



Русский и советский зоолог и географ. Член-корреспондент (1928) и действительный член (1946) АН СССР, президент Географического общества СССР (1940—1950), лауреат Сталинской премии (1951, посмертно). Автор работ по ихтиологии, географии, теории эволюции.

## 13 ОСНОВЫ БИОГЕОХИМИИ

### Биогеохимический круговорот вещества

Современная биомасса Земли составляет примерно в  $1,841 \cdot 10^{12}$  т (в пересчете на сухое вещество), из которых на биомассу суши приходится около  $1,837 \cdot 10^{12}$  т, Мирового океана -  $3,9 \cdot 10^9$  т.

Вклад разных континентов в общую первичную продукцию суши примерно следующий: Европа - 6, Азия - 28, Африка - 22, Северная Америка - 13, Южная Америка - 26, Австралия с островами Океании - 5 %.

Рост и размножение организмов, происходящие в биосфере, обеспечивают **биогенную миграцию атомов** в биосфере, которая обусловила в процессе эволюции создание современной экосистемы Земли. За сотни миллионов лет растения поглотили огромное количество диоксида углерода и одновременно обогатили атмосферу кислородом. Живые организмы глубоко воздействуют на природные свойства биосферы и всей планеты. Скелеты беспозвоночных образовали такие осадочные породы как известняк и мел; каменный уголь и нефть образовались из растительных остатков. Биогенное происхождение имеет и почва, которая представляет собой продукт жизнедеятельности микроорганизмов, растений и животных в их взаимодействии с неорганическими компонентами природы.

Чтобы биосфера продолжала существовать и на Земле, не прекращалось развитие жизни, постоянно должны происходить непрерывные химические превращения ее живой материи. Иными словами, вещества после использования одними организмами должны переходить в усвояемую для других организмов форму. Такая циклическая миграция веществ и химических элементов может осуществляться только при определенных затратах энергии, источником которой является Солнце.

**КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ** - это многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере, литосфере, в том числе и тех их слоях, которые входят в биосферу планеты. Выделяют два основных круговорота: **большой (геологический) и малый (биологический)**.

**Большой (геологический) круговорот** длится миллиарды лет. Горные породы подвергаются разрушению, выветриванию, а продукты выветривания, в том числе растворимые в воде питательные вещества, сносятся потоками воды в Мировой океан. Здесь они образуют морские напластования и лишь частично возвращаются на сушу с осадками, с извлеченными человеком из воды организмами. Крупные, но медленно протекающие геотектонические изменения (опускание материков и поднятие морского дна, перемещение морей и океанов) приводят к тому, что эти напластования возвращаются на сушу, и процесс повторяется. Границы геологического круговорота значительно шире границ биосферы и в его процессах живые организмы играют второстепенную роль.

**Малый (биологический) круговорот вещества** проходит в границах обитаемой биосферы и воплощает в себе уникальные свойства живого вещества планеты. Будучи частью большого, малый круговорот осуществляется на уровне биогеоценоза, он заключается в том, что питательные вещества почвы, вода, углерод аккумулируются в веществе растений, расходуются на построение тела и жизненные процессы как их самих, так и организмов - консументов. Продукты разложения органического вещества почвенной микрофлорой и мезофауной (бактерии, грибы, моллюски, черви, насекомые, простейшие и др.) вновь разлагаются до минеральных компонентов, вновь доступных растениям и поэтому вовлекаемых ими в поток вещества.



ние может быть целенаправленным и случайным. Например, в промышленных районах количество осадков увеличивается, причиной тому служит обилие мельчайших частиц минеральных веществ, которые ускоряют конденсацию водяных паров. В качестве другого примера приведем усиление стока воды после уничтожения растительного покрова, который в известной степени улавливает и удерживает воду, проникающую в почву.

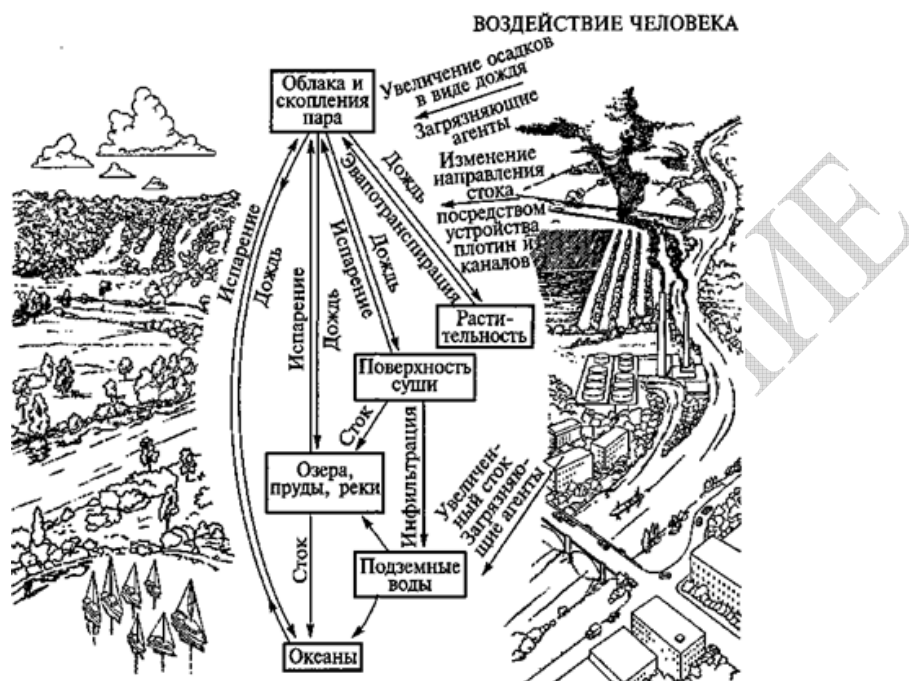


Рисунок 13.2 - Круговорот воды в природе с участием человека

Менее влажная почва приводит к уменьшению в ней микроорганизмов. Дождевая вода, однако, полностью не свободна от примесей, так как в ней растворяются различные частицы и газообразные вещества, присутствующие в воздухе. И все же дождевая вода отличается большей чистотой. Там, где скудны запасы подземных вод и практически нет рек и водоемов, люди пользуются для своих нужд дождевой водой. Человек воздействует на гидрологический цикл следующим образом: - изменяет направление стоков; - снижает содержание влаги в почве, уничтожая таким образом естественный растительный покров; - загрязняет воздушную среду, вследствие чего увеличивается интенсивность осадков; - загрязняет саму водную среду.

### Транспирация

Транспирация (от лат. trans и лат. spiro — дышу, выдыхаю) — это испарение воды растением (Рисунок 13.3). Основным органом транспирации является лист. Вода испаряется с поверхности листьев через клеточные стенки эпидермальных клеток и покровные слои (кутикулярная транспирация) и через устьица (устьичная транспирация). В результате потери воды в ходе транспирации в клетках листьев возрастает сосущая сила. Это приводит к усилению поглощения клетками листа воды из сосудов ксилемы и передвижению воды по ксилеме из корней в листья («нижний концевой двигатель»). Таким образом, «верхний концевой двигатель», участвующий в транспорте воды вверх по растению, обусловлен транспирацией листьев. Верхний концевой двигатель может работать при полном отключении нижнего концевой двигателя, причем для его работы используется не только метаболическая энергия как в корне, но и энергия внешней среды — температура и движение воздуха. Транспирация спасает растение от перегрева. Температура сильно транс-

пирирующего листа может примерно на  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$  быть ниже температуры нетранспирирующего завядшего листа. Кроме того, транспирация участвует в создании непрерывного тока воды с растворенными минеральными и органическими соединениями из корневой системы к надземным органам растения.

### **Количественные характеристики транспирации**

Интенсивность транспирации — это количество воды, испаряемой растением в г за единицу времени в часах единицей поверхности в  $\text{дм}^2$ . Эта величина колеблется от 0,15 до 1,5.

Транспирационный коэффициент — это количество воды в г, испаряемой растением при накоплении им 1 г сухого вещества.

Продуктивность транспирации — это величина, обратная транспирационному коэффициенту и равна количеству сухого вещества в г, накопленного растением за период, когда оно испаряет 1 кг воды.

Относительная транспирация — это отношение воды, испаряемой листом, к воде, испаряемой со свободной водной поверхности той же площади за один и тот же период времени.

Экономность транспирации — это количество испаряемой воды в мг на 1 кг воды, содержащейся в растении.

Подсчитано, что с 1 га посева пшеницы выделяется около 2 тыс. т воды, кукурузы — 3,2 тыс. т, капусты — 8 тыс. т.

### **Кутикулярная транспирация**

Снаружи листья имеют однослойный эпидермис, внешние стенки клеток которого покрыты кутикулой и воском, образующие эффективный барьер на пути движения воды. На поверхности листьев часто развиты волоски, которые также влияют на водный режим листа, так как снижают скорость движения воздуха над его поверхностью и рассеивают свет и тем самым уменьшают потери воды за счет транспирации. Интенсивность кутикулярной транспирации варьирует у разных видов растений. У молодых листьев с тонкой кутикулой она может составлять около половины всей транспирации. У зрелых листьев с более мощной кутикулой кутикулярная транспирация равна  $\frac{1}{10}$  общей транспирации. В стареющих листьях из-за повреждения кутикулы она может возрасти. Таким образом, кутикулярная транспирация регулируется главным образом толщиной и целостностью кутикулы и других защитных покровных слоев на поверхности листьев.

### **Устьичная транспирация**

Устьица представляют собой щель в подустьичную полость, окаймленную двумя замыкающими клетками серповидной формы. Устьица играют важную роль в газообмене между листом и атмосферой, так как являются основным путем для водяного пара, углекислого газа и кислорода. Устьица находятся на обеих сторонах листа. Есть виды растений, у которых устьица располагаются только на нижней стороне листа. В среднем число устьиц колеблется от 50 до 500 на  $1\text{ мм}^2$ . Транспирация через устьица идет почти с такой же скоростью, как и с поверхности чистой воды. Поэтому, хотя площадь устьичных отверстий мала по отношению к площади всего листа (0,5-2 %), испарение воды через устьица идет очень интенсивно.

Транспирация складывается из двух процессов:

1. передвижения воды в листе из сосудов ксилемы по симпласту и, преимущественно, по клеточным стенкам, так как в стенках транспорт воды встречает меньшее сопротивление



2. испарения воды из клеточных стенок в межклетники и подустьичные полости с последующей диффузией в окружающую атмосферу через устьичные щели.

Периодичность суточного хода транспирации наблюдается у многих растений, но у разных видов растений устьица функционируют неодинаково. У деревьев, теневыносливых растений, многих злаков и других гидростабильных видов с совершенной регуляцией устьичной транспирации испарение воды начинается на рассвете, достигает максимума в утренние часы. В полдень транспирация снижается и вновь увеличивается в предвечерние часы при снижении температуры воздуха. Ночью транспирация минимальна или полностью прекращается.



Рисунок 13.3 - Соотношение транспирации и других процессов испарения воды



Рисунок 13.3а - Результат транспирации на листе

### Круговорот углерода

Зеленые растения — биологи называют их автотрофами — основа жизни на планете. С растений начинаются практически все пищевые цепи. Они превращают энергию, падающую на них в форме солнечного света, в энергию, запасенную в углеводах, из которых важнее всего шестиуглеродный сахар глюкоза. Этот процесс преобразования энергии называется фотосинтезом. Другие живые организмы получают доступ к этой энергии, поедая растения. Так создается пищевая цепь, поддерживающая планетарную экосистему.

**Фотосинтез** — процесс образования органического вещества из углекислого газа и воды на свету при участии фотосинтетических пигментов (хлорофилл у растений, бактериохлорофилл и бактериородопсин у бактерий). В современной физиологии растений под



фотосинтезом чаще понимается фотоавтотрофная функция — совокупность процессов поглощения, превращения и использования энергии квантов света в различных реакциях, в том числе превращения углекислого газа в органические вещества. Суммарное уравнение фотосинтеза выглядит так:



**Типы фотосинтеза:** аноксигенный, оксигенный.

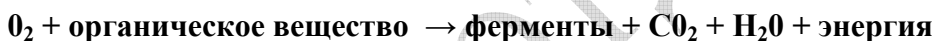
**Аноксигенный** осуществляется пурпурными и зелёными бактериями, а также геликобактериями.

**Оксигенный** гораздо более широко распространён. Осуществляется растениями, цианобактериями и прохлорофитами.

Этапы фотосинтеза:

- фотофизический
- фотохимический
- химический.

Для развития и существования всех живых форм на Земле необходим углерод. Углерод поступает из воздуха в виде двуокиси, или диоксида ( $\text{CO}_2$ ), углерода и образует молекулярный остов любого органического вещества. Как растения, так и животные используют кислород в процессе дыхания, посредством которого они получают энергию для роста и обмена веществ. Если кислорода достаточно для биохимических реакций, то глюкоза, содержащая энергию органического вещества, расщепляется полностью с образованием воды, двуокиси углерода и энергии. Суммарная реакция расщепления органического вещества (в целом) напоминает реакцию, обратную фотосинтезу:



Следовательно, атмосферный углерод поступает в живые экосистемы посредством фотосинтеза на уровне продуцентов. В экосистеме углерод перемещается с одного трофического уровня на другой до тех пор, пока не возвратится в атмосферу в результате дыхания живых организмов или пока организмы, в которых он содержится, не погибнут. По мере разложения мертвого вещества происходит распад органических соединений с образованием различных продуктов, в том числе  $\text{CO}_2$ . На Рисунок 13.4 показано воздействие человека на углеродный цикл.

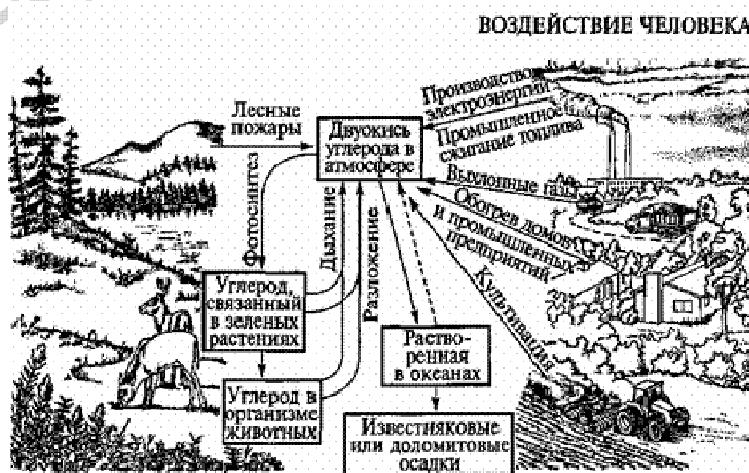


Рисунок 13.4 - Круговорот углерода в природе

Большая часть углерода, вовлеченного в кругооборот, содержится в океанах. Океан поглощает избыток  $\text{CO}_2$  из воздуха, в результате образуются карбонатные и бикарбонатные ионы, от которых и зависит количество  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Существует и обратный процесс, в ходе которого  $\text{CO}_2$  выделяется из океанов в атмосферу. Таким образом, океаны, поддерживающие концентрацию  $\text{CO}_2$  в атмосфере на постоянном уровне, играют роль своеобразного буфера. По мнению ученых, этот механизм обеспечивал в атмосфере окончательное равновесие  $\text{CO}_2$  до тех пор, пока не вмешался фактор индустриализации и естественный баланс круговорота углерода человеком был нарушен. Первый путь нарушения баланса — выбросы в атмосферу  $\text{CO}_2$  от сгорания топлива. Второй путь, как считают ученые всего мира, — это интенсивное сведение лесов, что ведет к уменьшению количества  $\text{CO}_2$ , которое способны поглотить растения. Часть  $\text{CO}_2$  при сгорании топлива поглощают океаны, однако большая его часть остается в атмосфере. Результаты анализов убедительно свидетельствуют о том, что содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере начиная с 1950-х гг. неуклонно возрастает, особенно в городах и крупных промышленных районах. Диоксид углерода атмосферы ассимилируется наземными растениями в ходе фотосинтеза и включается в состав органических веществ. В процессе дыхания растений, животных и микроорганизмов углерод, содержащийся в организме, вновь переходит в атмосферу в виде  $\text{CO}_2$ . Эти два процесса почти полностью уравновешены: лишь около 1 % углерода, усвоенного растениями, откладывается в виде торфа и удаляется из круговорота. Всего за 7 - 8 лет живые организмы пропускают через свои тела весь углерод, содержащийся в атмосфере. Подсчитано, что все зеленые растения Земли ежегодно извлекают из атмосферы до 300 млрд. тонн диоксида углерода (86 млрд. тонн углерода).

Углерод - основной биогенный элемент, он играет важнейшую роль в образовании живого вещества биосферы. Углекислый газ из атмосферы в процессе фотосинтеза, осуществляемого зелеными растениями, ассимилируется и превращается в разнообразные и многочисленные органические соединения растений. Растительные организмы, особенно низшие микроорганизмы, морской фитопланктон, благодаря исключительной скорости размножения продуцируют в год около  $1,5 \cdot 10^{11}$  т углерода в виде органической массы, что соответствует  $5,86 \cdot 10^{20}$  Дж энергии. Растения частично поедаются животными (при этом образуются более или менее сложные пищевые цепи). В конечном счете органическое вещество в результате дыхания организмов, разложения их трупов, процессов брожения, гниения и горения превращается в углекислый газ или отлагается в виде сапропеля, гумуса, торфа, которые, в свою очередь, дают начало образования каменным углям, нефти, горючим газам.

В процессах распада органических веществ, их минерализации огромную роль играют бактерии (например, гнилостные), а также многие грибы (например, плесневые).

В активном круговороте углерода участвует очень небольшая часть всей его массы. Большая часть углерода законсервирована в виде ископаемого топлива, известняков и других пород (Рисунок 13.5).

Между углекислым газом атмосферы и водой океана существует подвижное равновесие. Многие водные организмы поглощают углекислый кальций, создают свои скелеты, а затем из них образуются пласты известняков. Из атмосферы было извлечено и захоронено в десятки тысяч раз больше диоксида углерода, чем в ней находится в данный момент. Атмосфера пополняется углекислым газом благодаря процессам разложения органического вещества, карбонатов и других минералов, а также, все в большей мере, в результате индустриальной деятельности человека. Мощным природным источником поступления диоксида углерода в атмосферу являются вулканы, газы которых состоят главным образом из углекислого газа и паров воды. Некоторая часть углекислого газа и воды, извергаемых вулканами, возрождается из осадочных пород, в частности известняков, при контакте магмы с ними и их ассимиляции магмой.

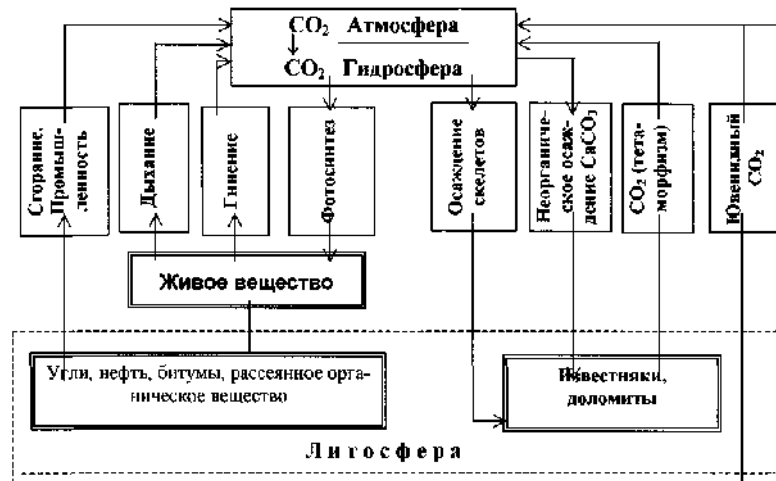


Рисунок 13.5 - Круговорот углерода

### Круговорот азота

Основная масса азота на поверхности Земли находится в виде газа в атмосфере. Известны два пути его вовлечения в биогенный круговорот:

1) процессы электрического (в тихом разряде) и фотохимического окисления азота воздуха, дающие разные оксиды азота, которые растворяются в дождевой воде и вносятся таким образом, в почвы и водоемы;

2) биологическая фиксация азота клубеньковыми бактериями, свободноживущими бактериями - азотфиксаторами.

Круговорот азота — важнейшего газа атмосферы — носит весьма своеобразный и замедленный характер (Рисунок 13.6). Воздух, которым мы дышим, примерно на 78% состоит из азота (N). Атмосферный азот становится частью живой материи исключительно благодаря жизнедеятельности бактерий и водорослей, которые обладают способностью фиксировать его в органических соединениях и нитратах, образуя аммиак. В малых дозах атмосферный азот связывается с кислородом в процессе грозовых разрядов в атмосфере, а затем с дождями (в виде нитратов) выпадает на поверхность почв. Атмосферный азот поглощается при жизнедеятельности азотофиксирующими бактериями и некоторыми водорослями, способными расщеплять молекулярный азот и использовать его для построения аминокислот, белков и других органических соединений живого вещества. На Рисунок показан круговорот азота в природе. Животные и растения поглощают азот в виде нитратов. Однако большая часть азота поступает в живые организмы благодаря активности бактерий и водорослей. Аммиак (NH<sub>3</sub>) выделяется в процессе распада живого вещества, и из него впоследствии образуются нитриты, а затем нитраты. Часть нитратов выпадает из цикла, поступая в глубоководные осадки. Некоторые бактерии обладают способностью разлагать нитраты, выделяя газообразный азот. Как видим, человек в процессе жизнедеятельности заметно влияет на круговорот азота, вводя в окружающую среду новые нитраты и газообразные оксиды азота от сельского хозяйства и промышленных предприятий. Несмотря на то, что в составе воздуха 78% азота, высшие растения ассимилировать его не могут. Необходимый азот они получают из почвы в виде нитратов.

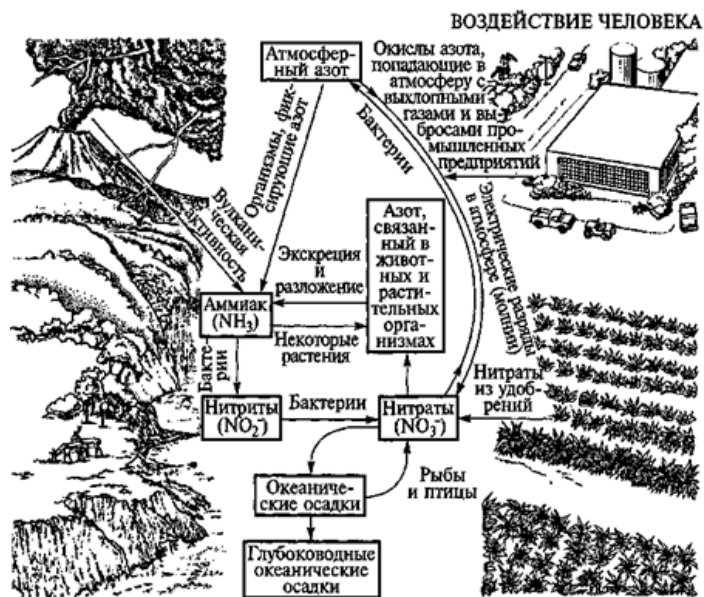


Рисунок 13.6 - Круговорот азота в природе

Мёртвая органика разлагается по схеме: мёртвая органика - аммиак- нитриты - нитраты (Рисунок 13.7)

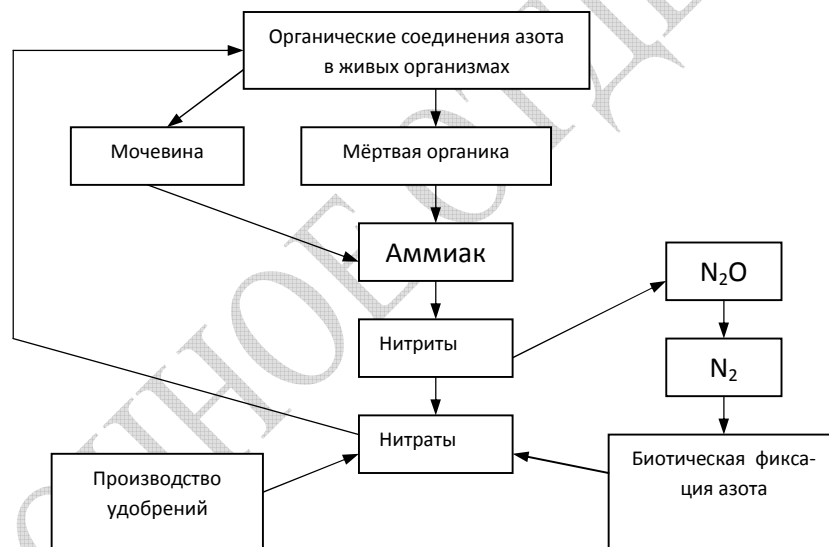


Рисунок 13.7 - Круговорот азота

Азотфиксирующие организмы:

- 1) сине-зеленые водоросли;
- 2) свободноживущие бактерии;
- 3) клубеньковые бактерии;

Круговорот азота в настоящее время подвергается сильному воздействию со стороны человека. Производства азотных удобрений и их использование приводят к избыточному накоплению нитратов.

При сжигании топлива также образуются значительные количества окислов азота.

## Круговорот фосфора

Источником фосфора (F) в окружающей среде служат главным образом горные породы и древние осадки, которые в процессе гидрологического цикла высвобождаются в результате их эрозии и выщелачивания. Часть образовавшегося фосфора используется в биологических системах, другая, большая, выносится в океаны со стоками вод, где фосфор захоранивается в донных осадках. На Рисунок представлена схема круговорота фосфора, в котором участвуют и осадки фосфора, которые залегают на небольшой глубине, и различные виды организмов, обитающие на дне моря, рыбы и, наконец, птицы, возвращающие фосфор на сушу вместе с экскрементами. Наряду с этим часть фосфора выпадает из круговорота, другая часть используется в качестве удобрений, но большая его часть в конце концов захоранивается в глубоководных океанических осадках. Такой ход событий рано или поздно, впрочем не в ближайшем будущем, приведет к дефициту фосфора в окружающей среде. Источником фосфора в биосфере - главным образом апатит, встречающийся во всех магматических породах. В превращениях фосфора большую роль играет живое вещество. Организмы извлекают фосфор из почв, водных растворов. Фосфор входит в состав белков и других органических соединений. Особенно много фосфора в костях животных. С гибелью организмов фосфор возвращается в почву и в донные отложения. Он концентрируется в виде донных отложений костей рыб, гуано (залежей помета птиц, питающихся рыбой), что создает условия для образования богатых фосфором пород, которые в свою очередь, служат источником фосфора в биогенном цикле. Фосфор усваивается растениями из почвы в форме растворимых фосфатов (Рисунок 13.8).

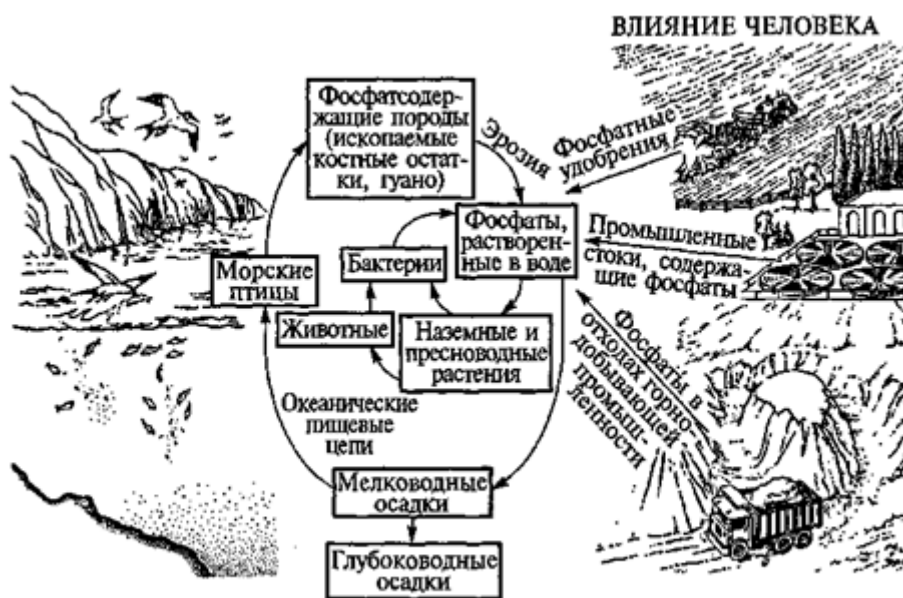


Рисунок 13.8 - Круговорот фосфора в природе

Растения при участии фосфора синтезируют различные органические вещества и тем самым включают его в круговорот.

Затем органические фосфаты вместе с трупами, отходами и выделениями живых существ возвращаются в землю, где снова подвергаются воздействию микроорганизмов и превращаются в минеральные фосфаты, готовые к употреблению зелеными растениями и другими автотрофами.

В водные экосистемы фосфор приносится текучими водами. Реки исправно обогащают океаны фосфатами.



Фитопланктон, синтезируя фосфор содержащие органические вещества, включают его в трофические цепи. Далее часть фосфора возвращается на сушу с помощью рыбоядных существ.

Часть мёртвой органики оседает на дно. Органический фосфор, осевший на небольшой глубине, может быть возвращён в круговорот после минерализации.

Фосфаты, отложенные на больших глубинах, выключаются из биосферы.

Антропогенная деятельность активно изменяет круговорот фосфата. Проявляется это на локальном уровне:

- 1) производство минеральных удобрений;
- 2) производство детергентов.

**Детергент** (лат. detergeo — «стираю») — вещество или смесь, помогающее отмыть что-либо от грязи, моющее средство.

Наиболее распространены три вида детергентов: мыло, стиральный порошок и шампуни.

В состав детергентов могут входить:

- Поверхностно-активные вещества, то есть вещества, уменьшающие поверхностное натяжение воды и способствующие тем самым проникновению воды в поры и между волокнами.
- Отдушка, то есть ароматическая добавка.
- Энзимы, то есть биологические ферменты, переваривающие белковые загрязнения.
- Абразивы, чтобы отполировывать поверхность.
- Вещества, изменяющие pH или влияющие на работу и стабильность других компонентов, кислоты для очистки от ржавчины или щелочи для разрушения органических соединений.
- Водные смягчители, противодействующие эффекту ионов «жесткости» на других компонентах.
- Материалы, не являющиеся поверхностно-активными, которые удерживают грязь во взвешенном состоянии.
- Компоненты, противодействующие вспениванию.
- Компоненты, увеличивающие или уменьшающие вязкость раствора, или удерживающие другие компоненты в растворённом состоянии.
- Окислители (хлорные и кислородные) для отбеливания, дезинфекции и разрушения органических соединений.
- Компоненты, которые затрагивают эстетические свойства, например, синька, оптические отбеливатели, смягчители ткани, цвета, духи, и т. д.
- Ингибиторы коррозии, противодействующие ржавлению отмываемой поверхности и стиральных машин.
- Компоненты, уменьшающие вред для кожи.
- Консерванты, предотвращающие порчу других компонентов.

Легенда гласит, что латинское слово лат. **sapo** (мыло) произошло от названия горы Сапо в древнем Риме, где совершались жертвоприношения богам. Животный жир, выделяющийся при сжигании жертвы, скапливался и смешивался с древесной золой костра. Полученная масса смывалась дождем в глинистый грунт берега реки Тибр, где жители стирали белье и, естественно, наблюдательность человека не упустила того факта, что благодаря этой смеси одежда отстирывалась гораздо легче.

## Круговорот серы

Круговорот серы также тесно связан с живым веществом (Рисунок 13.9). Сера в виде диоксида, триоксида, сероводорода и главным образом элементарной серы выбрасывается вулканами. Кроме того, в природе имеются в большом количестве различные сульфиды металлов: железа, свинца, цинка и др. Сульфиды окисляется в биосфере при участии многочисленных микроорганизмов до сульфатов, которые поглощаются растениями. На планете существуют организмы, которые, создавая органические вещества пищи, обходятся без солнечной энергии. Вероятно, первыми легкодоступными источниками энергии для древних анаэробных бактерий были окислительно-восстановительные процессы с участием соединений серы. Экзотический процесс, например, катализируют серобактерии, получая энергию при восстановлении сульфатов с помощью водорода:



Благодаря этому процессу в толщах морей и океанов формируются слои, содержащие сероводород в высоких концентрациях. Так, например, в Чёрном море «сероводородные» воды занимают около 90% объёма моря.

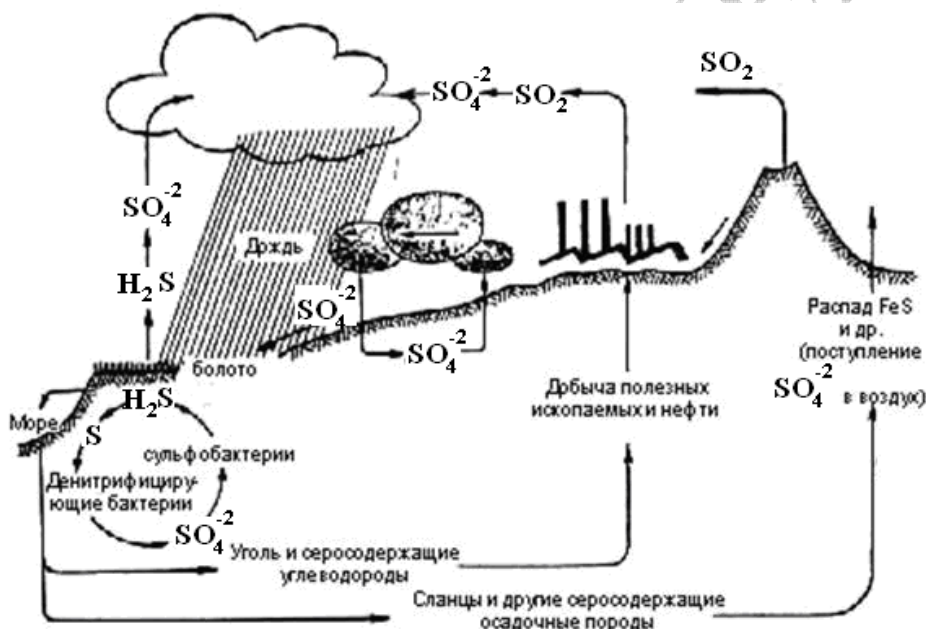


Рисунок 13.9 - Круговорот серы в биосфере

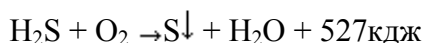
Получающийся сероводород выходит на поверхность в газообразном состоянии или растворяется в подземных водах. Подобные «серные» источники есть в Пятигорске, Мацесте, Тбилиси и др. Бактериальные микроорганизмы, участвующие в движении серы могут приносить как пользу, так и вред. Установлено, что эти организмы разрушают места, не устойчивые к воздействию сероводорода. Подсчитано, что 50% ущерба от коррозии подземных трубопроводов вызвано активной жизнедеятельностью этих бактерий. В то же время серосодержащие бактерии играют существенную роль на первом этапе геологического процесса образования месторождений серы и сульфидных руд. В ходе круговорота серы может образовываться серная кислота, которая, взаимодействуя с различными солями почвы и воды, переводит их в сульфаты:



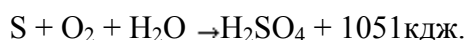
Так образуются различные минералы, содержащие серу. Процесс восстановления сульфатов в сероводород протекает в меньшей степени. Залежи сульфатов в результате геологических смещений могут попасть в более глубокие слои земли, где при высокой температуре реагируют с органическими веществами:



Первичное накопление сероводорода протекало в рамках анаэробных процессов. В атмосфере кислорода сероводород легко окисляется до свободной серы или оксида серы (IV).

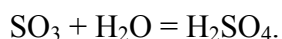


Избытком кислорода воздуха в водоёмах сера переводится в серную кислоту:



В воздухе среднее время жизни сероводорода около 2 суток. Сероводород - сильный восстановитель, поэтому он не накапливается в воздухе. Образующийся при окисле-

нии оксид серы (IV)  $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , приводит к образованию аэрозолей и кислотных дождей. Время жизни  $\text{SO}_2$  в атмосфере составляет 4 суток. Основной вред окружающей среде наносит не столько сам оксид серы (IV), сколько продукт его окисления – оксид серы (VI)  $\text{SO}_3$ . Он растворяется в капельках воды с образованием серной кислоты:



Образование в атмосферной влаге серной и сернистой кислот приводит к выпадению кислотных дождей. Из-за этого увеличивается кислотность пресных водоёмов, что приводит к гибели рыб и других водных организмов. Под действием кислотных дождей ускоренно корродируют металлоконструкции, разрушаются здания и памятники архитектуры. В кислой среде возрастает растворимость гидроксида алюминия. Избыток ионов алюминия в воде токсичен для рыб, к тому же алюминий связывает фосфаты, что приводит к снижению питательных запасов в водоёме. Это создаёт опасность токсического загрязнения водных и почвенных экосистем. Кислотные дожди приводят к гибели растений, особенно хвойных пород. При закислении почв происходит выщелачивание кальция, магния и калия, возрастает подвижность токсичных металлов, меняется состав почвенных микроорганизмов. В организмах сера входит в состав аминокислот и белков, а у растений, кроме того, - в состав эфирных масел и т. д. Процессы разрушения остатков организмов в почвах, в илах морей сопровождаются очень сложными превращениями серы. При разрушении белков с участием микроорганизмов образуется сероводород, который далее окисляется либо до элементарной серы, либо до сульфатов. В этом процессе участвуют разнообразные группы серобактерий, создающие многочисленные промежуточные соединения серы. Известны месторождения серы биогенного происхождения. Сероводород может вновь образовать «вторичные» сульфиды, а сульфат кальция - залежи гипса. В свою очередь, сульфиды и гипс вновь подвергаются разрушению, и сера возобновляет миграцию.

В целом все вещество литосферы интенсивно подвергается превращениям, участвуя в малом и большом круговороте. Под влиянием лучей Солнца, кислорода, углекислого газа, воды, живого вещества происходит разрушение вещества поверхности Земли. Продукты разрушения уносятся водой и ветром или, будучи растворены в воде, сбрасываются

в моря и океаны, где они осаждаются, откладываются на дне, уплотняются, цементируются, образуют слоистые осадочные породы.

Так, ежегодно выносятся реками около  $2.7 \cdot 10^9$  вещества.

Осадочные породы в результате дальнейшего погружения попадают в магматическую область Земли, подвергаются действию давления и высокой температуры, переплавляются и в виде изверженных магматических пород могут быть вновь вынесены на поверхность Земли. Изучение круговорота веществ на Земле имеет не только познавательное значение, но и представляет глубокий практический интерес. Воздействие человека на природные процессы становится все значительнее. Последствия этого воздействия стали сравнимы с результатами геологических процессов: в биосфере возникают новые пути миграции вещества и энергии, появляются тысячи химических соединений, прежде ей не свойственных.

В руках человека концентрируются огромные запасы металлов, фосфатов, серы, синтезируются колоссальные количества азотсодержащих веществ для удобрения полей и т. д. Меняется обычный ход геохимических процессов. Глубокое изучение всех природных превращений веществ на Земле - необходимое условие рационального воздействия человека на среду его обитания и изменения природных условий в желаемом для него направлении.

# КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

## Контрольная работа №1

Вопросы по темам №1,2

1. Сравните определения экологии данные Э. Геккелем и определение V Международного экологического конгресса и поясните различия между ними.
2. Раскройте общетеоретические задачи экологии.
3. Приведите примеры реализации практических задач экологии.
4. Дайте определения разделов, входящих в дисциплину «Общая экология»?
5. Перечислите источники загрязнения окружающей среды и дайте их краткую характеристику.
6. Раскройте основные факторы деградации природной среды Российской Федерации?
7. Какова структура Государственного доклада Госкомстата для оценки состояния загрязнения окружающей среды ?
8. Раскройте глобальные экологические проблемы.
9. Опишите местоположение Земли в Солнечной системе и галактике. Дайте сравнительную характеристику параметров Земли по размеру, по температуре, по атмосфере в сравнении с другими планетами Солнечной системы.
10. Дайте материалистическое определение жизни и приведите свое отношение к теории происхождения жизни академика Опарина.
11. Каков возраст Земли и какие эры его составляют?
12. Дайте характеристику предположительных основных этапов возникновения жизни в океане и ее выхода на сушу?
13. Дайте определение основных этапов жизни: метаболизма, размножения, наследственности, изменчивости, роста, развития, смерти.
14. Раскройте понятие онтогенеза.
15. Дайте характеристику форм бесполого размножения.
16. Опишите процесс передачи наследственных признаков от родительских ДНК посредством хромосом. Какие наследственные заболевания при этом возникают?
17. Какие формы изменчивости существуют?
18. Что такое геном человека?
19. Раскройте влияние технологических процессов на экологию.
20. Набор хромосом человека и различных видов животных.

Вопросы по темам №3, 4

1. Дайте определение биосферы и характеристику ее границ.
2. Какие типы вещества слагают Биосферу?
3. Строение литосферы Земли.
4. Дайте характеристику поверхности Мохоровичича.
5. Приведите общепринятую модель строения Земли.
6. Результаты исследования земной поверхности на Кольской сверхглубокой скважине.
7. Строение атмосферы Земли.
8. Газовый состав атмосферы Земли и его изменение по высоте.
9. Дайте характеристику изменения давления и температуры с высотой.
10. Опишите предполагаемую модель формирования атмосферы Земли.
11. Что такое парниковые газы и какова их роль в атмосфере?
12. Роль озонового слоя для биосферы и его изменения связанные с антропогенной деятельностью человека?
13. Роль гидросферы в биосфере.



14. Основные типы водных запасов на Земле.
15. Дайте характеристику поверхностных и глубинных течений в океане и опишите их роль в формировании климата.
16. Биогеохимические функции живого вещества в биосфере.
17. Роль Ж. Ламарка в создании учения о биосфере?
18. Роль Э. Зюсса в создании учения о биосфере?
19. Роль В. Вернадского в создании учения о биосфере.
20. Роль ноосферы в биосфере.

#### Вопросы по теме №5

1. Классификация экологических факторов.
2. Перечислите биотические факторы.
3. Дайте характеристику паразитизму как биотическому фактору на своем примере.
4. Дайте характеристику хищничеству как биотическому фактору на своем примере.
5. Дайте характеристику конкуренции как биотическому фактору на своем примере.
6. Характеристика климатических абиотических факторов.
7. Характеристика почвенных абиотических факторов.
8. Характеристика орографических абиотических факторов.
9. Характеристика химических абиотических факторов.
10. Примеры влияния климатических абиотических факторов на живые организмы.
11. Примеры влияния почвенных абиотических факторов на живые организмы.
12. Примеры влияния орографических абиотических факторов на живые организмы.
13. Примеры влияния химических абиотических факторов на живые организмы.
14. Толерантность организма к экологическим факторам.
15. Закон минимума Либиха (бочка Либиха).
16. Закон толерантности Шелфорда.
17. Дополнения Ю. Одума к закону толерантности.
18. Приведите примеры диапазона толерантности.
19. Что такое эври и стенобионты.
20. Адаптация к окружающей среде.
21. Перечислите антропогенные абиотические факторы.
22. Влияние антропогенных факторов на живые организмы.
23. Адаптации к антропогенным факторам.
24. Химические антропогенные факторы и их влияние на организмы.
25. Влияние температуры на жизнедеятельность в биосфере.
26. Влияние освещенности земной поверхности на жизнедеятельность в биосфере.

## Контрольная работа №2

### Вопросы по темам №6, 7

1. Дайте общую характеристику понятия экологической ниши.
2. Приведите несколько примеров пространственной ниши для рыб, птиц, млекопитающих?
3. Приведите несколько примеров трофической ниши для рыб, птиц, млекопитающих?
4. Приведите несколько примеров гиперпространственной ниши для рыб, птиц, млекопитающих.
5. Что такое экологическое дублирование? Приведите несколько примеров.
6. Что такое экологическая диверсификация? Приведите несколько примеров.
7. Характеристики экологической ниши.
8. Перечислите основные виды адаптаций.
9. Миграция животных, приведите примеры. Дайте характеристику последствий миграции.
10. Вымирания животных, приведите примеры. Дайте характеристику последствий вымирания.
11. Закон Гаузе.
12. Замещение видов: общая характеристика процесса, примеры.
13. Сосуществование видов: общая характеристика процесса, примеры.
14. Емкость экологической ниши.
15. Воздействие загрязнений на экологические ниши.
16. Понятие популяции.
17. Классификация популяций.
18. Основные типы структур популяции.
19. Половая структура популяции.
20. Возрастная структура популяции.
21. Географическая структура популяции.
22. Экологическая структура популяции.
23. Этологическая структура популяции.
24. Причины нарушающие стабильность популяций.
25. Динамика популяций.
26. Критическая численность популяций.
27. Балланс популяций в экосистеме.
28. Эпидемии – причины уменьшения популяций.
29. Общая характеристика численности популяции человека.
30. Мальтузианство: теория и реальность наших дней.

### Вопросы по теме №8

1. Сущность понятия биогеоценоз.
2. Сущность понятия биоценоз.
3. Сущность понятия экосистема.
4. Дайте характеристику свойств биогеоценоза.
5. Механизмы устойчивости биогеоценозов.
6. Структура биогеоценоза.
7. Дайте характеристику понятий: продуценты, консументы, редуценты.
8. Дайте характеристику устойчивости экосистемы.
9. Сравните устойчивость природных экосистем и экосистем, созданных человеком.
10. Воздействие человека на экосистему
11. Экологическая сукцессия.
12. Понятие первичной сукцессии.

13. Понятие вторичной сукцессии.
14. Характерные признаки сукцессии.
15. Основные закономерности сукцессий.
16. Понятие экологической катастрофы. Приведите свой пример.
17. Саморегуляция экосистемы.
18. Круговорот элементов в экосистеме.
19. Роль детритофагов в экосистеме.
20. Материальный и энергетический баланс пищевых цепей в биогеоценозе.

Вопросы по теме №9

1. Понятие продуктивности экосистемы.
2. Первичная продуктивность.
3. Вторичная продуктивность.
4. Понятие энергетической субсидии.
5. Территории повышенной продуктивности в биосфере.
6. Продуктивность искусственной экосистемы.
7. Биосфера-2: опыт и результаты.
8. Искусственные и естественные экосистемы.
9. Агроценозы. Их сильные и слабые свойства.
10. Моделирование экологических процессов.

ЗАОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

### Контрольная работа №3

#### Вопросы по теме №10, 11

1. Сахелантроп: история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма.
2. Человек Миллениума: история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма.
3. Ардипитек: история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма.
4. Австралопитек: история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма.
5. Кениантроп: история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма.
6. Парантроп: история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма.
7. Homo habilis (человек умелый) - история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма, наличие общественного поведения, отличия от других первобытных видов.
8. Homo ergaster - история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма, наличие общественного поведения, отличия от других первобытных видов.
9. Homo erectus (питекантроп) - история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма, наличие общественного поведения, отличия от других первобытных видов.
10. Homo neanderthalensis (неандерталец) - история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма, наличие общественного поведения, отличия от других первобытных видов.
11. Homo sapiens (кроманьонец) - история открытия, ареал существования, особенности строения тела, параметры мозга, наличие признака бипедализма, наличие общественного поведения, отличия от других первобытных видов.
12. Расселение человека.
13. Доказательства родства человека и человекообразных обезьян.
14. Дарвиновская концепция эволюции.
15. Ранние попытки систематизации животных и растений.
16. Современная систематика живых организмов.
17. Типы царства животных
18. Классификация семейства кошачьих.
19. Классификация семейства собачьих.
20. Иерархия классификации.

#### Вопросы по теме №12

1. Понятие погоды и климата.
2. Наличие климатических поясов из-за разницы нагрева Земли Солнцем.
3. Общепринятая классификация климата.
4. Классификация климата Кёппена.
5. Классификация климата Берга.
6. Прогнозирование погоды.
8. Перечислите климатообразующие факторы.
9. Возможные причины оледенения Земли.
10. Причины повышения уровня океана

Вопросы по теме №13

1. Солнечная радиация и климат на Земле.
2. Перенос загрязнений в атмосфере.
3. Биогеохимический круговорот веществ в биосфере.
4. Большой круговорот веществ в биосфере.
5. Малый круговорот веществ в биосфере.
6. Круговорот воды в биосфере.
7. Транспирация и ее роль в круговороте воды.
8. Виды транспирации и их особенности.
9. Круговорот углерода в биосфере.
10. Круговорот азота в биосфере.
11. Круговорот фосфора в биосфере.
12. Круговорот серы в биосфере.
13. Фотосинтез и его роль для биосферы.
14. Дыхание растений, баланс кислорода в биосфере.
15. Проблемы народонаселения.
16. Причины различий в рождаемости развитых и развивающихся стран.
17. Природные ресурсы – лимитирующий фактор выживания человека.
18. Экологический мониторинг: назначение, объем, функции.
19. Важность экологического образования в современных условиях.
20. Результаты международных соглашений в области контроля за климатом Земли.

Таблица – Номера вариантов (выбираются по последней цифре номера зачетной книжки)

Номер варианта	Номера вопросов, относящихся к данному варианту								
	КР№1			КР№2			КР№3		
	Темы 1, 2	Темы 3,4	Тема 5	Тема 6,7	Тема 8	Тема 9	Тема 10,11	Тема 12	Тема 13
1	1,20	1,20	1,20,21	1,20,30	1,20	5	1,20	5	1,20
2	2,19	2,19	2,19	2,19,29	2,19	4	2,19	4	2,19
3	3,18	3,18	3,18,22	3,18,28	3,18	3	3,18	3	3,18
4	4,17	4,17	4,17,26	4,17,27	4,17	2	4,17	2	4,17
5	5,16	5,16	5,16,23	5,16,26	5,16	1	5,16	1	5,16
6	6,15	6,15	6,15	6,15,25	6,15	10	6,15	10	6,15
7	7,12	7,12	7,12,24	7,12,24	7,12	9	7,12	9	7,12
8	8,11	8,11	8,11	8,11,23	8,11	8	8,11	8	8,11
9	9,14	9,14	9,14,25	9,14,22	9,14	7	9,14	7	9,14
10	10,13	10,13	10,13	10,13,21	10,13	6	10,13	6	10,13