

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ЭКОЛОГИЯ»**

**Содержание**

Ставить и решать задачи, связанные с проблемой обеспечения экологической безопасности строительных систем, начиная от их проектирования возведения и кончая руководством действиями по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ремонт, восстановление, реставрацией строительных систем) должен целенаправленно подготовленный к этому выпускник высшей школы. Начальный оптимальный уровень подготовки в данном направлении определяет цель естественнонаучной дисциплины "Экология" применительно к строительству, которая и служит отправной точкой для освоения следующего этапа в строительном образовании. Дисциплина «Экология» относится к циклу естественнонаучных дисциплин и имеет логическую связь с дисциплинами этого цикла, общепрофессиональными и специальными дисциплинами.

Мировоззренческая направленность дисциплины "Экология" заключается в формировании научных представлений о человеке как неотъемлемой части природы, о единстве и самоценности всего живого и невозможности выживания человечества без сохранения биосферы, в замене существующего антропоцентризма как метода научного познания биоцентризмом; в освоении философских аспектов ноосферологии, концепции устойчивого развития человечества, гармонизации развития человечества и биосферы, коэволюции живого и неживого; в грамотном восприятии явлений, вызванных человеком в природной среде, в том числе и его различной профессиональной деятельности, включая строительство.

Научно-мировоззренческий характер дисциплины, отраженный в ее построении, позволяет рассмотреть основные естественнонаучные принципы для создания представлений о биосфере, о месте в ней человека, а также проблем, связанных с "технократичностью" человеческой цивилизации.

**Цели и задачи дисциплины** Конечная цель изучения дисциплины "Экология" - освоение и понимание законов формирования окружающей среды, места в этой среде человека и человечества; изменений в природной среде при воздействии человеческой деятельности и на основе знания этих законов - обеспечение взаимодействия искусственных сооружений с природной средой, включая их возведение, эксплуатацию и ликвидацию, с минимальным ущербом для природной среды и наиболее экономично, а также проектирование и возведение сооружений для защиты природной среды от негативных антропогенных воздействий; формирование экологической безопасности.

Теоретическая часть дисциплины связывается со строительной спецификой единой концепцией развивающихся принципов экологической безопасности строительства.

**Задачами** дисциплины являются:

- рассмотрение основных закономерностей функционирования биосферы, ее структуры; законов существования и развития экосистем; взаимоотношений организмов и среды; влияние экологической обстановки на качество жизни человека;
- понимание формирования и тенденций развития глобальных проблем окружающей среды;
- освоение экологических принципов рационального использования природных ресурсов и охраны природы;
- познание основ экономики природопользования;
- получение представлений об экологической безопасности; экозащитной технике и технологиях;
- приобретение знаний об основах экологического права и профессиональной ответственности;
- получение сведений о международном сотрудничестве и его роли в области охраны окружающей среды;
- рассмотрение принципов экологической безопасности строительства.

**ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Результатом изучения дисциплины "Экология" должно стать познание студентами основ экологии и теоретических принципов экологической безопасности строительства.

После изучения дисциплины студенты должны знать законы формирования окружающей среды и их взаимосвязь; иметь достаточно полные представления о структуре биосферы, экосистем и биогеоценозов, об эволюции биосферы, взаимоотношениях организмов и среды, экологических воздействиях на природную среду, на человека и на его здоровье, о глобальных проблемах окружающей среды, экологических принципах использования природных ресурсов, об охране природы, основах экологической экономики, изменениях в окружающей среде под влиянием человека и о влиянии на человека факторов измененной среды, о природоохранных мероприятиях и технологиях, знать принципиальные положения экологического права; иметь представления о мониторинге и о применении его в проектной и производственной деятельности, а также о принципах экологической безопасности строительства, подходах и моделированию и оценке состояния экосистем и прогнозе изменений биосферных процессов при воздействии строительства.

Выпускник должен уметь:

-использовать государственные источники информации об окружающей среде и принципиальные положения государственного законодательства, а также нормативную документацию отраслевого и регионального уровня в данной области;

-распознавать важнейшие процессы в окружающей среде, как природного происхождения, так и возникающие при строительном освоении конкретных территорий и акваторий и при эксплуатации расположенных на них объектов;

-оценивать опасность и скорость развития процессов в экосистемах;

-принимать принципиальные решения по противодействию негативным процессам в экосистемах;

-работать со всеми видами документации по окружающей среде и ее характеристикам;

-составлять техническое задание на выполнение инженерно-экологических изысканий и участвовать при необходимости в составлении программы инженерно-экологических изысканий, а также использовать полученные при инженерно-экологических изысканиях данные в проектной и производственной деятельности;

-вырабатывать предложения по проведению мероприятий и возведению сооружений, обеспечивающих охрану природной среды от негативных воздействий, возникающих при строительстве.

В процессе обучения студент должен приобрести **навыки**:

- экологической оценки строительных проектов;

- сертификации строительной продукции, процессов, изделий и материалов на соответствие стандартам по экологическим требованиям;

- сертификации систем управления качеством окружающей среды на соответствие международным стандартам ИСО 14000;

- использования систем экологического мониторинга;

**Студент должен демонстрировать способность и готовность:**

-применять в практической работе приборы, инструменты, оборудование и методами их использования;

-использовать во всех видах своей жизнедеятельности экологические знания.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины
1	2
1	Введение Экология и ее задачи в строительстве. Определение Геккеля и современное. Связь экологии со строительной наукой и практикой строительства. Безопасность окружающей среды, как категория существования социума при техногенезе.
2	Геосферы и их экологическое значение. Единство окружающей среды. Сооружение, как часть природно-технической системы. Основные положения экологической безопасности строительства. Иерархия основных категорий безопасности. (Безопасность. Общая безопасность. Безопасность жизнедеятельности. Экологическая безопасность. Геоэкологическая безопасность. Безопасность природно-техногенных систем.). - Строительные системы как модификация природно-техногенных систем. - Жизненный цикл строительного проекта. - Основные принципы проектирования строительных систем - Законодательные основы экологической безопасности строительства.
3	Атмосфера. Состав, стратификация, загрязнение вообще и от строительства. Глобальные тенденции изменения атмосферы: озоновый слой, парниковый эффект.
4	Гидросфера. Состав, режим водотоков и водоемов. Затопление, эрозия. Евтрофикация. Подтопление и дренирование территорий.
5	Почвы. Состав, мощность, значение почв. Охрана и рекультивация при строительстве.
6	Радиоактивное загрязнение окружающей среды. Виды загрязнителей. Источники загрязнения. Обеспечение экологической безопасности строительства на стадиях жизненного цикла строительного проекта. -Обеспечение экологической безопасности при строительстве: - на техногенно-загрязненных территориях; - природоохранных объектов. - экологически опасных объектов.
7	Геоэкологическое районирование территории, как результат изучения рельефа, поверхностных и подземных вод, почв, грунтов, атмосферы и процессов в них.
8	Биосфера. Живое и его ассоциации в виды, популяции, сообщества. Экосистемы. Биомы. Экопирамиды. Лепидные цепи. Круговорот веществ в биосфере. Экологическая ниша. Равновесие в экосистемах
9	Стандарты организаций (объединений предприятий) по экологическим требованиям к качеству строительства зданий, строений, сооружений и обустройству прилегающих территорий - Сертификация строительной продукции, процессов, изделий и материалов на соответствие стандартам по экологическим требованиям - Сертификация систем управления качеством окружающей среды на соответствие международным стандартам ИСО 14000. Экологическая экспертиза строительных проектов и ОВОС. - Концептуальные подходы, методы и принципы

<p>экологической экспертизы проектов строительства объектов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Методология экологической экспертизы проектов строительства объектов</li> <li>- Основные принципы ОВОС и экологической экспертизы при строительстве</li> <li>- Экологическое право в строительной деятельности.</li> </ul> <p>Правовые и процедурные аспекты государственной экологической экспертизы проектов строительства объектов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Разработка заключения по экологической экспертизе проекта строительства объекта</li> <li>- Разработка раздела ОВОС для проекта строительства объекта.</li> <li>- Составление Технического задания на изыскания экологически безопасных сооружений.</li> <li>- Составление Программы изысканий для экологически безопасных сооружений. Технические регламенты в сфере экологической безопасности строительства</li> <li>- Оценка и страхование рисков экологической безопасности строительства.</li> <li>- Государственный контроль (надзор) экологической безопасности строительства.</li> </ul>
--

### **Содержание разделов дисциплины**

**Раздел 1. Биосфера и человек.** Определение экологии как науки. Предмет экологии и ее место среди естественнонаучных дисциплин. Система экологических наук. Основные задачи общей экологии. Теоретические и прикладные аспекты экологии. Биологические основы экологии.

Биосфера. Роль В.И.Вернадского в формировании современных представлений о биосфере. Основные этапы эволюции биосферы. Представления о ноосфере (по В.И.Вернадскому и современных исследователей). Земля как единое целое с современных позиций науки о биосфере. Строение Земли и ее оболочек - геосфер, структура геосфер, их взаимосвязь и динамика взаимодействий. Природные ландшафты. Виды вещества на Земле по В.И.Вернадскому, их взаимопроникновение и перерождение в глобальных круговоротах. Жизнь как понятие в экологии и биология. Функциональная целостность биосферы.

Взаимодействие организма и среды. Фундаментальные свойства живых систем. Уровни биологической организации. Организм как дискретная самопроизводящаяся открытая система, связанная со средой обменом веществ, энергии и информации. Иерархия экологических уровней: особь, вид, популяция, сообщество, экосистема, биосфера.

Разнообразие организмов. Источники энергии для организмов. Автотрофы и гетеротрофы. Фотосинтез и дыхание: кислород атмосферы как продукт фотосинтеза. Основные группы фотосинтезирующих организмов (высшие растения суши, планктонные цианобактерии и водоросли в океане). Хемосинтез, жизнь в анаэробных условиях. Основные группы гетеротрофов (бактерии, грибы, животные). Трофические отношения между организмами: продуценты, консументы и редуценты.

Сохранение постоянства внутренней среды организма - гомеостаз; принципы регуляции жизненных функций. Адаптации организмов к изменениям условий среды, возможности и генетические пределы адаптации. Эврибионты и стенобионты. Гомойо- и пойкилотермность. Принципы воспроизведения и развития различных организмов. Особенности зависимости организма от условий среды на разных стадиях его жизненного цикла. Критические периоды развития.

Представления о физико-химической среде обитания организмов; главные особенности водной, почвенной и воздушной сред. Абиотические и биотические факторы. Экологическое значение основных абиотических факторов: тепла, освещенности, влажности, солености, концентрации биогенных элементов. Заменяемые и незаменимые ресурсы. Сигнальное значение абиотических факторов. Суточная и сезонная цикличность. Лимитирующие факторы. Правило Либиха. Взаимодействие экологических факторов. Распределение отдельных видов в зависимости от градиента изменений в условиях. Представления об экологической нише; потенциальная и реализованная ниша. Биоиндикаторы как реализация зависимости "организм - качество среды".

Энергетический баланс биосферы. Атмосфера Земли и ее роль в энергетических процессах биосферы. Сравнение атмосферных условий планет Солнечной системы и их роль в образовании живого вещества. Преобразующее влияние живого на среду обитания. Эффект самоочищения. Обменные процессы в организмах как ключевой этап биопродуктивности. Биогеохимические функции разных групп организмов. Биоразнообразие как ресурс биосферы. Первичная продукция суши и океана. Потенциальная продуктивность Земли.

Циклические особенности окружающей среды. Основные виды круговоротов вещества. Круговороты важнейших химических элементов - биогенов в биосфере.

Биогеохимические циклы, их основные типы, структуры и их характеристика (основные и резервные циклы) значимость техногенных воздействий на биогеохимические циклы.

Глобальный круговорот воды. Скорость оборота в различных циклах, рециркуляция и ее параметры. Гидрогеологический цикл с его особенностями, формирующимися при различных, в том числе антропогенных воздействиях.

Эвтрофикация. Роль воды в образовании полезных ископаемых как природных ресурсов. Изменение в трофических цепях и в продуктивности экосистем при различных параметрах циклов.

Роль атмосферных процессов в функционировании живых организмов. Атмосферная терморегуляция. Основные нарушения в функциях атмосферы (смог, его разновидности и характеристика, кислотные осадки).

Круговорот диоксида углерода. Осадочный цикл. Антропогенные воздействия на круговорот диоксида. Парниковый эффект.

Круговорот азота. Атмосферная и биохимическая трансформация соединений азота. Литосферные процессы и их роль. Виды и причины нарушений в естественных направлениях потоков движения азота и его соединений. Роль в образовании смогов и кислотных осадков.

Круговорот кислорода. Биота как главный продуцент кислорода. Химические модификации кислорода, их роль в атмосферных процессах и влиянии на биосферу (атомарный кислород как чрезвычайно активный реагент; озон и озоновый экран - формирование и главные характерные для них процессы). Техногенные воздействия на кислородный цикл.

Круговорот фосфора. Химические и биохимические трансформации в литосфере. Влияние техногенных факторов на водную среду в присутствии фосфора.

Круговорот серы и ее соединений. Роль в протекании литосферных и атмосферных процессов.

Органические питательные вещества в круговоротных процессах и трофических цепях. Микробиогенные составляющие и их роль. Процессы деструкции.

Почва как компонент и продукт биосферы. Происхождение и классификация почв. Разнообразие состава и свойств почв как результат функционирования экосистем и условие их устойчивости. Роль почвы в круговоротных процессах главных биогенов и органических веществ и соединений. Роль почвы в создании условий для образования органического вещества и его разложении. Жизнь и почва.

Радионуклиды и токсиканты в движении по биогеохимическим циклам, их роль и влияние на биоту.

Биотоп, как предмет изучения геоэкологии. Понятия "биологический вид" и "популяция", их взаимоотношения. Иерархическая структура популяций: расселение организмов и межпопуляционные связи. Популяция как структурный элемент экосистемы.

Статические характеристики популяции: численность, плотность, состав (возрастной, сексуальный). Биомасса и способы ее выражения: вес (сырой и сухой), энергетический эквивалент. Методы оценки численности и плотности популяции. Характер пространственного размещения особей и принципы его выявления; случайное, равномерное и агрегированное распределение. Механизмы поддержания пространственной структуры. Территориальность. Скопление животных и растений, причины их возникновения.

Динамические характеристики популяции: рождаемость, смертность, скорость популяционного роста. Выживание и способы его описания. Характер распределения смертности в зависимости от возрастных параметров в разных популяционных группах животных и растений. Экспоненциальная и логическая модели роста популяции. Специфическая скорость роста популяции, "плотность насыщения" как показатель емкости среды, чистая скорость размножения. Динамика биомассы. Понятие о биопродуктивности.

Сообщества. Биоценозы, их таксономический состав и функциональная структура. Типы взаимоотношений между организмами: симбиоз, мутуализм, комменсализм, конкуренция, хищничество (биотрофия) в широком понимании.

Межвидовая конкуренция. Эксплуатация и интерференция. Принцип конкурентного исключения. Условия сосуществования конкурирующих видов. Конкуренция и распространение видов в природе.

Отношения "хищник-жертва". Сопряженные колебания численности хищника и жертвы. Сопряженная эволюция.

Видовая структура сообществ и способы ее выявления. Видовое разнообразие как специфическая характеристика сообщества. Динамика сообществ по времени. Серийные и климаксовые сообщества.

Экосистемы. Определение понятия - экосистем. Экосистемы как главные хронологические единицы биосферы. Составляющие компоненты экосистем; основные факторы, обеспечивающие функционирование экосистем. Биогеоценоз (по С.Н.Сукачеву). Определение понятий: "биотоп", "экопот", "климатоп", "эдафотоп", "биоценоз", "зооценоз", "фитоценоз", "микробоценоз". Принцип автотрофности, доминирующие редуценты. Материальные, энергетические и информационные потоки в экосистемах, особенности их движения, причины изменений и возмущений.

Основные этапы использования вещества, энергии информации в экосистемах. Трофические уровни. Первичная продукция - продукция автотрофных организмов. Значимость фото- и хемосинтеза. Частная и валовая продукция. Затратность дыхания. Основные методы оценки первичной продукции. Деструкция органического вещества в экосистеме. Биотрофы и сапротрофы. Пищевые цепи "выедания" (пастбищные) и пищевые цепи "разложения" (детритные). Изменение в количестве энергии при переходе с одного трофического уровня на другой. Экологическая продуктивность; "пирамида продукций", "пирамида биомасс". Консументы и их характеристика; микро- и макроредуценты (консументы в роли последних).

Особенности размещения водных и наземных экосистем. "Правило 1%" и "правило 10%". Первичная и вторичная продуктивность в экосистемах. Дыхание в экосистемах. Информационный обмен в экосистемах, его виды. Энергетическая рациональность, энергетическая субсидия, диссипация энергии. Термодинамический подход к изучению экосистем. Открытость природных экосистем. Энтропия в открытых экосистемах. Объекты воздействия различных факторов экосистемах. Видовые и популяционные изменения. Революционное и эволюционное развитие экосистем. Сукцессия, климакс, возраст, как характеристики развития экосистем. Стабильность экосистем и принципы, ее определяющие. Идентичность и изменяемость, как критерии развития экосистем. Устойчивость экосистем как функция видового многообразия. Дестабилизирующие воздействия на экосистемы (стресс, загрязнения и т.п.) и их механизм. Антропогенные воздействия как фактор, определяющий особенности устойчивости экосистем в современных условиях.

Основные типы наземных экосистем; климатическая зональность: тундры, болота, тайга, смешанные и широколиственные леса умеренной зоны, степи и саванны; тропические влажные леса, пустыни. Первичная продукция разных наземных экосистем. Взаимосвязи разных компонентов наземных экосистем. Значение почвы как особого биокосного тела в функционировании биогеоценозов. Подстилка в лесных, степных и других экосистемах. Полнота биотического круговорота. Особенности сукцессии наземных экосистем.

Водные экосистемы, их основные особенности и главные отличия от биогеоценозов. Стратификация и вертикальная структура водных экосистем: бентос, планктон, нектон, нейстон и пр. Основные группы продуцентов в среде гидробионтов: фитопланктон, макрофиты, перифитон. Роль зоопланктона и бактерий в минерализации органического вещества. Детрит и его роль в круговоротных процессах. Континентальные водоемы как водные экосистемы в структуре биогеоценозов: реки, ручьи, озера, эстуарии, болота, искусственные водоемы (пруды, водохранилища и пр.). Олиготрофные и эвтрофные водоемы.

Антропогенное эвтрофирование природных и искусственных водоемов. Биологическая структура океана. Неритические и пелагические области. Зоны подъема вод. Интенсивность первичного продуцирования в различных частях Мирового океана.

Разнообразие видов как основной фактор устойчивости экосистем.

Человек как биологический вид; экологическая ниша человека. Популяционные характеристики человека. Экологические условия и здоровье человека. Человек как социотип (социальный вид). Человечество как популяция вида *Homo sapiens*. Особенности формирования и развития человечества в доисторическое и историческое время. Неолитический квазиглобальный (экологический) кризис.

**Раздел 2. Глобальные проблемы окружающей среды.** Демографические проблемы современного мира. Тенденции “технократической” человеческой цивилизации. Ресурсы биосферы. Взаимопроникновение проблем роста народонаселения, научно-технического прогресса, изменений природных условий в современную эпоху.

Преднамеренное и непреднамеренное, прямое и косвенное воздействие человека на природу. Экологический кризис - феномен современности и признаки прошедших кризисов за время существования планеты и биосферы. Ограниченность ресурсов и загрязнение среды как факторы, лимитирующие тенденции развития человечества. Главные принципы прикладной экологии человека. Стрессовые нагрузки. Диапазоны допустимых экологических нагрузок.

Человек как фактор формирования воздействий на биосферу и ее функции. Антропогенные воздействия и их классификация. Загрязнения, их подразделение и характеристика. Воздействия загрязнений на литосферу, гидросферу, атмосферу, биосферу. Матрица воздействий по Леопольду.

Глобальные тенденции загрязнения биосферы; масштабы, последствия, влияние на биоту. Природные ресурсы и ресурсы биосферы, их квалификация. Тенденция к истощению ресурсов. Представления об исчерпаемых и неисчерпаемых ресурсах.

Технобиосфера как один из возможных путей развития биосферы. Современные представления о составляющих технобиосферы. Урбанизация и ее тенденции (рост мегаполисов и промышленных зон). Город как новая среда обитания человека и животных (синантропность). Вторичные ландшафты, техногенно загрязненные территории и прибрежные зоны.

Пищевые ресурсы человечества. Проблемы питания и производства сельскохозяйственной продукции. Сельскохозяйственное производство как экологически обусловленный биосферный процесс. Агроэкосистемы, их основные особенности и условия существования. Проблема монокультурного земледелия. Разрушение мангров. Истощение марикультур.

“Зеленая революция” и ее последствия. Значение и экологическая роль применения удобрений, пестицидов, инсектицидов, гербицидов, дефолиантов. Формы и масштабы сельскохозяйственного загрязнения биосферы.

Изменения видового и популяционного состава фауны и флоры, вызванные деятельностью человека. “Красная книга”. Нарушение биогеографических границ. Интродукция - преднамеренная и случайная, ее последствия. Массовые вспышки численности интродуцированных и случайно “занесенных” видов.

Воздействие промышленности и транспорта на окружающую среду. Загрязнение биосферы токсическими и радиоактивными веществами. Основные пути миграции и накопления в биосфере радиоактивных изотопов и других веществ, опасных для человека, животных и растений. Опасность ядерных катастроф и их последствия (сценарий “ядерной зимы” по Н.Н.Моисееву).

Отходы производства и потребления, их объем, размещение, утилизация, захоронение. Вторичное использование. Проблемы выбросов, стоков, твердых бытовых отходов. Промышленные нетоксичные и токсичные отходы. Радиоактивные отходы. Специфические (медикаментозные, больничные, биологические, микробиологические и т.п.) отходы.

Увеличение количества оксида и диоксида углерода, метана, водяных паров, пыли, фреонов в атмосфере. Парниковый эффект и глобальное потепление. Кислотные осадки антропогенного происхождения. Опасность разрушения озонового слоя.

Электромагнитное, шумовое и световое загрязнение биосферы. Строительство как глобальный средообразующий фактор. Строительство как фактор создания технобиосферы. “Деформации” природной среды при строительных воздействиях. Масштабность строительной деятельности и ее последствий для биосферы. Изменения (упрощения) биотопов. Разрушение биоценозов. Жизненный цикл строительных объектов и созданных природно-технических систем (ПТС). Строительные системы как закрытые; обеспечение их гомеостаза. Воздействия строительства на природную и техногенную среду. Загрязнение при строительстве и в промышленности строительных материалов и изделий.

**Раздел 3. Экологические принципы рационального использования природных ресурсов и охраны природы.** Охрана биосферы как одна из важнейших современных задач человечества. Рациональное природопользование как один из принципов ограничения экологической нагрузки на биосферу. Особенности охраны чистоты атмосферного воздуха, водных ресурсов, почвы, растительного и животного мира в современных условиях экологического кризиса. Сохранение генофонда живого населения планеты. Биоразнообразие как фактор сдерживания темпов экологического кризиса. Нехимические методы борьбы с видами, распространение, рост численности которых нежелателен для человека. Борьба с мутагенными проявлениями в биоте.

Пути решения проблем, связанных с отрицательными последствиями урбанизации. Охрана природы и рекультивация земель на территориях, интенсивно освоенных хозяйственной деятельностью. Проблема санации техногенно-загрязненных территорий. Отдых людей и охрана природы в рекреационных зонах.

Значение невозделываемых и исключаемых из хозяйственного оборота земель для поддержания экологического равновесия в биосфере. Биосферные заповедники, резерваты и другие охраняемые территории: основные принципы выделения, организации и использования. Специфическая ресурсная значимость охраняемых территорий. Заповедное дело в России.

Детоксикация и утилизация отходов производства и потребления. Методы решения проблем очистки промышленных стоков и выбросов. Биотехнологические методы очистки и биологические методы контроля за качеством работы очистных

сооружений и эффективностью очистных мероприятий. Борьба с различными видами загрязнений среды в различных техногенных экосистемах.

Мероприятия по охране воздуха, воды, почвы, полезных ископаемых и сохранению биоразнообразия в условиях современного промышленного производства, в агроэкосистемах, в урбосистемах. Методы контроля качества окружающей среды. Экомониторинг, его принципы, уровни, организация, методы.

Проблемы использования и воспроизводства природных ресурсов в связи с размещением промышленности, сельскохозяйственного производства, ростом городов и схемой расселения на территориях регионов и России.

Прогноз влияния хозяйственной деятельности человека на биосферу.

Экологические бедствия и катастрофы. Экологический риск и его прогнозирование.

Экологическое моделирование. Модели глобального развития биосферы и человечества. Ноосфера в современном понимании. Концепция устойчивого развития. Гармонизация и коэволюция живого и неживого.

**Раздел 4. Основы экономики природопользования.** Эколого-экономическая сбалансированность регионов как общегосударственная задача. Экономическое стимулирование природоохранной деятельности. Экологические издержки при производственной деятельности различных видов и пути их сокращения.

Затраты на производственные мероприятия. Оценка ущерба от загрязнения окружающей среды. Установление возможного экономического оптимума загрязнения окружающей среды. Экологическая составляющая издержек по производству продукции.

Внешние эффекты. Их сущность и роль в экономике природопользования. Теоретические основы регулирования выбросов и образования неиспользуемых отходов. Ассимиляционный потенциал природной среды и методы его экономической оценки. Внешние (экстернальные) издержки и воздействия на ассимиляционный потенциал. Механизмы использования ассимиляционного потенциала природной среды. Принципы распределения прав на первичный ассимиляционный потенциал.

Качество окружающей среды как потребительское благо и условия оптимального качества жизни. Плата за качество окружающей среды.

Экономические методы управления природоохранной деятельностью. Финансирование природоохранной деятельности. Экологические фонды.

Глобальное потепление и экономические методы управления выбросами парниковых газов. Экономические проблемы истощения озонового слоя. Экономический механизм управления трансграничным переносом загрязнений.

**Раздел 5. Основные положения экологической безопасности строительства.** Строительство как один из важнейших интенсивно развивающихся факторов формирования технобиосферы и создания высококачественной среды жизни человека. Основные принципы экологического строительства, критерии и стандарты. Проблемы строительного освоения новых территорий. Строительство на ранее использованных площадках (техногенно-загрязненных, в пределах городской застройки и промышленных зон). Строительные проблемы при реставрации, реперофилровании, ремонте, реконструкции, санации объектов. Представление о строительной экологии; история ее развития. Архитектурно-градостроительные аспекты. Экологическая безопасность и надежность. Бионика и экологическое строительство. Способы сохранения ландшафтов; рекультивация природной среды. Ресурс- и энергосбережение при строительстве; безотходные технологии, депонирование и утилизация строительных отходов.

Основные положения охраны окружающей среды при строительстве как специальной инженерной дисциплины. Представления о природоохранных сооружениях и мероприятиях.

Инженерно-экологические изыскания при строительстве. Основные положения соответствующего раздела СНиП 11.02-96.

Менеджмент в экологическом строительстве. Экологическая экспертиза строительных объектов на различных стадиях их жизненного цикла.

**Раздел 6. Основы экологического права и профессиональная ответственность строителей при освоении природной среды.** История природоохранного законодательства в мире и России. Конституция Российской Федерации. Закон РФ "Об охране окружающей природной среды", Закон РФ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения", "Земельный кодекс РФ" и другие законы РФ в части природной среды и рационального использования ресурсов как механизм экологического правового регулирования. Указ Президента РФ №440 от 01.04.96 г. и Постановление правительства РФ №1081 от 13.09.96 г. о "Концепции перехода РФ к устойчивому развитию". Государственные стандарты по параметрам окружающей среды. СНиПы и СанПиНы в части экологического правового регулирования. Экологическая сертификация. Принципы составления ЗВОС (Заявления о воздействиях на окружающую среду) и понятие о процедуре ОВОС (Оценка воздействия на окружающую среду). Сопряженное действие федеральных и региональных нормативных документов по охране окружающей среды.

**Раздел 7. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды.** Глобализация экологических проблем, причины и тенденции. Глобальный экологический форум в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Базисные положения "Повестки дня на XXI век" и ее структура. "Концепция устойчивого развития" и "Декларация прав народов мира", их противоречия и позитивность. Глобальный форум в Иоханнесбурге в 2002 г. Киотское соглашение и его развитие. Реализация "устойчивого (поддерживающего) развития" на национальном и глобальном уровнях. Международные соглашения по охране биосферы.

*Перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы*

**а) основная литература:**

1. Потапов А.Д. «Экология». Москва, «Высшая школа», 2-е изд. 2005 г.

**б) дополнительная литература:**

2. Коллектив авторов, под ред. Е.В.Шубиной «Экология» В печати 2008 г.

## Конспект лекций

### Раздел 1. Общая экология

#### Глава 1. Определение экологии как науки

В буквальном переводе слово “экология” означает учение о “доме” ( от греческого “ойкос” - местообитание, жилище, дом и “логос” - учение). Впервые этот термин и общее определение экологии было сделано немецким биологом Эрнст Геккелем в 1866 году. Он в своем капитальном труде “Всеобщая морфология организмов” писал: “Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической, и прежде всего - его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт”. Как видно из определения зоолог Э.Геккель рассматривал в качестве предмета экологии взаимоотношения животного с окружающей средой, что к нынешнему времени существенно изменилось. Следует заметить, что как научная дисциплина экология сформировалась лишь в начале XX века, а в качестве широкого научного направления экология стала рассматриваться лишь с середины 60-х годов нашего столетия. В это время впервые стали ощутимыми для человека последствия его деятельности на Земле и как оказалось далеко не всегда положительно, когда даже в обиходе под словом экология стали понимать обширные сведения, характеризующие состояние окружающей природной Среды и ее влияние на человека, на его здоровье. Особенно ярко это проявляется сейчас на рубеже III тысячелетия, в условиях развивающегося кризиса во взаимоотношениях человека со средой его обитания. На данном этапе человек уже не рассматривается как биологический вид, как животное, что во многом соотносилось бы с определением экологии по Э.Геккелю, а как социотип, что заставляет рассматривать предмет экологии как науки более широко. Это значит, что за полтора столетия своего существования экология как наука ощутимо трансформировалась.

Если подходить к экологии исключительно как к биологической науке, то все естествоиспытатели, изучавшие живой мир были экологами, так что и К.Линней, и Ж.Б.Ламарк и Ч.Дарвин и многие другие то же были экологами. Это вполне понятно, так как при изучении растений, животных, микроорганизмов всегда приходится исследовать их в различных условиях среды обитания. Поэтому экология, являясь частью наук биологического цикла, представляет собой науку о живых существах в местах их обитания со всеми взаимоотношениями и со всеми их компонентами. Иными словами, каждое живое существо как объект изучения рассматривается во взаимодействиях с неживыми и живыми объектами в месте своего обитания.

На настоящий момент при накопленном значительном экспериментальном и теоретическом материале экологию необходимо рассматривать как комплексное научное направление, которое обобщает, синтезирует, данные естественных и социальных наук о природной среде и взаимодействии ее с человеческим обществом. Такое широкое толкование предмета экологии позволяет применять для научных обобщений широкие возможности и методологии научного поиска многих научных направлений, что весьма важно в современных условиях, но в то же время является источником околонуточного использования самой экологии. Мы имеем в виду различного рода появившиеся в последние годы рассуждения об “экологии культуры”, “экологии языка” и т.п. Естественно разработанные в экологии методы исследований могут быть использованы и при изучении других предметов научных исследований, что кстати успешно применяет и сама экология широко используя достижения химии, физики, геологии, климатологии, социологии и других естественных и общественных дисциплин. Тем не менее есть области человеческих отношений и человеческой деятельности, которые не имеют никакого отношения к предмету экологической науки, в частности, языкознание, что присуще только человеку или культура - столь широкое общественное понятие, которое само по себе стоит выше и экологии и многих других наук.

В связи с этим можно рассматривать лишь использование методов экологии в других науках, то есть говорить об экологическом подходе, общенаучном подходе к исследованию проблем взаимодействия

организмов, биосистем, различных объектов природного и техногенного происхождения, элементов среды и собственно окружающей среды.

Современный мир, окружающий значительно выросшее в своей численности человечество, выявил множество проблем во взаимоотношениях Природы и Общества, что вполне отвечает рассмотрению этих проблем как экологических, поэтому в определенном смысле экология рассматривается как метод изучения научных и практических проблем взаимоотношений человека и природы.

Таким образом в настоящее время экология превращается в чрезвычайно широкую и весьма важную научную дисциплину, рассматривающую "Человека" в его "Доме", где "Дом" наша планета Земля. Итак в целом экология - это наука о взаимоотношениях живых организмов и взаимодействия их со средой обитания.

Рассматривая экологию как биологическую науку кратко остановимся на истории ее становления. Еще в античные времена философы и врачи Гиппократ, Аристотель, Гален пытались познать закономерности в живой природе. В их трудах были впервые описаны, в окружающем их мире, растения и животные, что послужило началом для ботаники и зоологии, а изучение человека заложило основы анатомии и физиологии. Экологические аспекты здесь прослеживаются в описании поведения растений и животных в различных условиях Земли. Описание английским врачом XVI века Уильямом Харви кровообращения имело не только физиологическое значение, но во многом заложило основы понимания принципов движения биогенов. В определенной степени знаменитый шведский биолог Карл Линней создатель "Системы природы" и "Философии ботаник" является экологом, так как построил наиболее удачную классификацию растений и животных и при описании более, чем 1500 видов растений систематизировал сведения об условиях жизни разных видов. Значительный вклад в биологию, а затем и в основы экологии заложил Жан Батист Ламарк, которым в начале XIX века создана первая целостная картина эволюции живой природы. Надо отметить, что именно Ж.Б.Ламарк одновременно с немецким ученым Г.Р.Тревиранусом ввел термин "биология". Чрезвычайно важны для формирования экологических представлений о развитии человечества и природы работы Томаса Роберта Мальтуса, которым в начале XIX века описаны математические закономерности возрастания численности организмов одного вида и отставания от него пищевых ресурсов. Длительное время работы Т.Р.Мальтуса считались ненаучными и в нашей стране были отвергнуты, хотя известно, что Чарльз Роберт Дарвин, великий английский естествоиспытатель XIX века опирался именно на идеи Мальтуса в создании всемирно известного труда "Происхождение видов путем естественного отбора". В данной своей работе Ч.Дарвин заложил основы "дарвинизма", который является одним из базисных положений экологии.

Развитие экологии получило серьезную поддержку и со стороны российских ученых. К их числу относят работы в области агрономии А.Т.Болотова на рубеже XVIII-XIX вв., Н.И.Вавилова на рубеже XIX-XX веков открывшего, в частности, ряд законов наследственной изменчивости организмов, создавшего концепции линнеевского ряда как системы и, естественно, великие работы гения современности В.И.Вернадского, создавшего учение о биосфере и показавшего геологическую роль, которую сыграли живые организмы в формировании современной внешней оболочки нашей планеты. Роль В.И.Вернадского настолько велика, что экологам современности еще многое поведают его труды. В XX веке ряды экологов пополнились также такими крупнейшими учеными как А.Тенсли, В.Н.Сукачев, Ю.Одум, Д.Медоуз, Н.В.Тимофеев-Ресовский, Н.Ф.Реймерс, Л.Маргулис, Б.Коммонер, Б.Небел и многими другими. К настоящему времени экология как наука может быть подразделена по предмету изучения, основным объектам, средам и т.п. Понятно, что как и в любой естественной науке в экологии выделяют динамическую и аналитическую ветви.

Общая экология, которая иногда именуется глобальной экологией, мегаэкологией, панэкологией являет собой научное направление, рассматривающую определенную значимую для живого организма или фактора среды (в рассмотрении это так называемый центральный объект или объект изучения) совокупность природных и социальных явлений, предметов, организмов оказывающих на него значимое воздействие. Это достаточно громоздкое определение тем не менее позволяет в рамках общей экологии не ограничиваться интересами лишь живых организмов, но и анализировать "интересы" неживой составляющей Среды, подвергающейся воздействию живого организма. Некоторые специалисты при трактовке предмета общей экологии считают, что им является изучение взаимоотношений и



закономерностей на надорганизменном уровне организации, то есть характерных как для прокариот, грибов и растений, так и для животных, в том числе и для человека как представителя царства животных. Несмотря на некоторые разночтения в подходе общая экология является наукой о принципах взаимоотношений между “живым” и “неживым” на Земле.

Аутэкология и аутоэкология представляет собой раздел экологии, которая изучает особенности реагирования и взаимодействия видов живых организмов с факторами окружающей Среды. В настоящее время из аутэкология в качестве самостоятельной научной дисциплины выделилась популяционная экология, предметом научных исследований является популяция живых организмов, которые существуют в определенных условиях Среды и под влиянием которых развиваются и видоизменяются.

Синэкология является разделом экологической науки, которая изучает закономерности развития и существования сообществ живых организмов (биоценозов) в конкретных изменяющихся условиях Среды обитания. В последние годы активно развивается такая отрасль экологии как биогеоценология. Активизация научных поисков в рамках этого направления связана с выявленными значительными влияниями биогеоценологических факторов на особенности развития человеческих сообществ.

Учение о биосфере, основоположником которого по общему признанию является В.И.Вернадский. Сам термин “биосфера” появился еще в XIX веке и предложен он был австрийским геологом Э.Зюссом, правда без серьезного развития его роли и значения.

В.И.Вернадский создал основную теорию биосферы, которую он понимал как активную оболочку Земли, где живое вещество в результате своей совокупной деятельности, выступает в виде планетарного геохимического фактора, соизмеримого по масштабам, времени воздействия и значимости последствий с основными геологическими процессами и факторами развития Земли. Биосфера по В.И.Вернадскому область существования живого вещества на планете Земля, которая на протяжении жизни Земли изменялась в соответствии с общепланетарными процессами вплоть до решающей роли в создании некоторых оболочек Земли в их нынешнем составе, например, при создании кислородной атмосферы.

Огромное значение в накоплении знаний о живых организмах на Земле имеет не только собственно биология, но также научные дисциплины, находящиеся на стыке собственно биологии и экологии такие как “экология растений”, “экология животных”, “экология микроорганизмов”, то есть в данном случае предметом экологического изучения становятся существующие на Земле царства живых организмов и их отношения со средой обитания. В некотором роде к этим научным дисциплинам примыкает и “экология человека”, но в той своей части, что изучает его взаимоотношения со средой как биологического вида, выделенного из царства животных. Если в описанном выше предмет изучения экологии определяется особенностями живых организмов, то точно так же получили развитие такие экологические дисциплины как “экология суши”, “экология моря” и ряд направлений таких как “экология Крайнего Севера”, “экология высокогорий”. Если первые две имеют при рассмотрении две принципиально разные Среды обитания живых организмов, то более “дробные” рассматривают более тщательно особенности конкретных ландшафтных образований, географо- или климатических зон вплоть до весьма специфичных. Морские и континентальные условия существования живых организмов принципиально различны, по разному вовлечены в осуществлении жизнедеятельности организмов, а это, собственно определяет и различия в предмете наук.

Особое место занимает среди экологических наук “социальная экология”, которая в отличие от других имеет предметом далеко еще непознанную форму существования живых организмов, а именно “социум”. Такая форма существования присуща только человеку, как живому существу обладающему разумом и на его основе, создавшему специфическое надсообщество, именно человечество. Социальная экология как научная дисциплина рассматривает взаимоотношения в глобальной системе “человеческое общество - окружающая Среда” и изучает взаимодействия и взаимосвязи человеческого общества с природной средой и созданной техногенной средой, разрабатывает научные основы природопользования в рациональном режиме, которые предполагают повышение качества жизни человека в среде его обитания с одновременным обеспечением сохранения природы. В рамках этой научной дисциплины развивается экология человека, которая как комплексная наука исследует общие законы взаимоотношения биосферы (ее составных частей) и антропосистемы (ее различных уровней) человечества, ее групп и индивидуумов, влияние природной Среды на человека и группы людей. В число

предметов изучения включаются также экология человеческих популяций (этносов) и экология человеческой личности. При рассмотрении всех этих разнообразных предметов изучения включают и социально-психологические отношения людей между собой и с окружающим их миром; в последние годы особое внимание стало уделяться эколого-социально-экономическим особенностям современного развития человечества. Необходимость данного изучения связано с ним, что в наше время для человека одинаково важными являются природные, экономические и социальные условия Среды жизнеобитания человека, которые обеспечивают разные стороны его потребностей. Некоторыми специалистами в предмет социальной экологии включается исследование поступков людей и воздействие этих поступков на других людей через их восприятие и социально-психологическую личностную и коллективную оценку человеческих взаимоотношений на фоне объективных свойств Среды жизни и реактивности человеческого организма, например, уклада жизни в районах новостроек, “городского одиночества”, реакции городских жителей в сравнениях между настоящим и прошлым местом жизни (“синдром новосела”), аналогичным является изучение стрессовых реакций у лиц вынужденно переселившихся (“перемещенные лица” и беженцы) и у людей покидающих сельскую местность в условиях глобальной урбанизации. В самом общем виде социальная экология - это научная дисциплина, рассматривающая соотношение общества с географической, социальной и культурной средами, т.е. со средой, которая окружает человека.

Особая роль в развитии экологических наук в последние годы отводится геологам, которая в силу значительности роли антропогенных воздействий в активизации негативных экзогенных геологических процессов, в деградации ландшафтов, в нарушениях биогенных циклов. Но это на наш взгляд не самое главное в геоэкологии, так как геологическая составляющая природной Среды, Среды обитания человека, да и всей биоты весьма значительна. Достаточно упомянуть о роли геохимических и биогеохимических процессов в формировании земной коры, в выделении гидросферы, в создании современного состава атмосферы. Серьезному изучению в настоящее время подвергается проблема функционирования общности “динамическая геологическая экосистема - строительная система”.

Вновь созданные антропогенные экосистемы требуют нарастающего управляющего действия человека. В данном случае необходимым становится экологический подход к рассмотрению системы “сооружение - окружающая Среда”, поэтому вполне правомочным становится данное Е.А.Козловским определение этого научного направления как геоэкологии. По В.И.Осипову объектом геоэкологии являются все геосферные оболочки, так как при рассмотрении строительных систем необходимым бывает изучение ее взаимодействий не только с геологической средой, что на наш взгляд вполне обосновано. В последнее время широкое распространение получили различные вариации прикладной экологии, здесь и промышленная (инженерная), рекреационная, сельскохозяйственная, строительная и ряд других.

На наш взгляд, экология как фундаментальная естественнонаучная дисциплина, изучает основные законы взаимодействия живых организмов со средой их обитания, и на их базе могут быть получены весьма конкретные сведения, выработаны рекомендации, принципы исследований экологической направленности по отношению к различным видам человеческой деятельности, в том числе и к машиностроению, нефтехимии, энергетике и т.д.

Прикладные аспекты экологической науки служат основой для развития технической инженерной дисциплины, а именно охраны окружающей среды. Поле деятельности охраны окружающей среды - это инженерные мероприятия и инженерные сооружения, направленные на сохранение природы и ее компонент при различных видах человеческой деятельности, на рекультивацию нарушенной природной среды, на восстановление живых организмов и т.п.

На наш взгляд только два вида деятельности человека, имеющие глобальный характер проявления и последствий имеют право на прикладные экологические науки. К таким видам деятельности относится сельское хозяйство и строительство, поэтому правомочно рассматривать строительную экологию и сельскохозяйственную экологию.

Не вдаваясь в рассмотрение положений сельскохозяйственной экологии как весьма специфичной, остановимся на строительной экологии. Предметом ее изучения является изучение воздействия строительства на окружающую среду и факторов окружающей Среды на функционирование зданий и сооружений в оптимальном режиме для человека с обеспечением высокого качества Среды его жизнеобитания. Иногда применяют следующее толкование строительной экологии; - это выработка норм

рационального использования природных ресурсов и без деградации Среды жизни, допустимых нагрузок на них, форм управления экосистемами различного иерархического уровня. Более подробно принципиальные положения строительной экологии будут рассмотрены в соответствующем разделе учебника.

Особое место в цикле экологических наук занимает ноосферология. Понятие ноосферы ввел французский математик и философ Е. Ле Руа, а теоретически разработал в общих положениях В.И.Вернадский. Ноосфера - это "сфера разума". Ноосферология изучает возможности формирования высшей стадии развития биосферы, связанная с возникновением и становлением в ней цивилизованного общества, с периодом, когда разумная деятельность человека становится главным определяющим фактором развития.

Ноосферология, как наука имеет предметом изучения возможность создания и управления единством человека и природы в виде процесса ноогенеза, как конструктивной модели вероятного будущего человечества. Эта наука находится в самом начале своего становления, а основные ее подходы будут рассмотрены ниже.

## **Глава 2. Окружающая среда**

В настоящее время, как уже было показано, воздействие человека на окружающий мир стало настолько мощным, что окружающий мир стал с трудом справляться с последствиями этих воздействий.

Тоской и отчаянием звучат слова современного поэта А.Деметьева:

*“Что же натворили мы с природой?  
Как теперь нам ей смотреть в глаза?  
В темные отравленные воды,  
В пахнущие смертью небеса...”*

Что же это за окружающий нас мир, который как теперь уже человек понимает, нужно оберегать, сохранять и восстанавливать?

Окружающая человека среда представляет собой глобальную (и не только в рамках нашей одной планеты) метамегасистему, состоящую из двух тесно взаимодействующих и взаимосвязанных мегасистем: природной и техногенной сред. Природная среда включает четыре основные макросистемы (геосферы): атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу. Естественно, все эти макросистемы существенным образом и в значительной степени изменены воздействием на них человека в результате всей его деятельности в пределах исторического времени. В доисторические времена человечество находилось внутри природной среды, являясь по существу частью, составляющей биосферы, и взаимодействовало с другими макросистемами через биосферу, через биосферные процессы.

В историческое время человек, по существу выделившись из биосферы уже в виде человечества, превратился в пятую макросистему со всеми характерными для нее признаками, такими составляющими общество, хозяйственная деятельность, общественные формации, войны и т.д.

Техногенная среда также состоит из нескольких макросистем: искусственные сооружения и здания, города, городские агломерации, промышленные зоны и регионы, включая инженерные сети и коммуникации, транспортные системы и т.д. Одной из составляющих является "строительная система" как разновидность "природно-техногенной системы" (ПТС). Таким образом, под "строительной системой" мы понимаем собственно здания, сооружения и их комплексы с инфраструктурой инженерных сетей, обеспечивающих их функционирование, а также сосредоточенные в них технологии. В большинстве случаев строительная система служит оболочкой, отделяющей техногенную и природную среду, в которой осуществляется жизнедеятельность. Строительная система - совокупность всех этапов инвестиционно-строительного процесса проекта и его участников, имеющая объектно-правовую направленность и реализуемая в условиях воздействия конкретных факторов внешней среды.

Строительная система как форма природно-техногенной системы (ПТС), которая многими учеными рассматривается как некоторая экосистема. В пользу отнесения к экосистемам, в первую очередь, говорит наличие в ней таких биотических факторов как человек, как обитающие в природной составляющей ПТС представители флоры, фауны, микроорганизмов. Вновь созданные такого рода антропогенные экосистемы для обеспечения гомеостаза требуют нарастающего управляющего действия

человека. Это нарастание всегда чревато, за счет глубокого проникновения, постепенным угнетением природных компонентов среды. Поэтому, для сохранения природной составляющей, для оптимизации гомеостаза экосистемы следует снизить антропогенный натиск. Одним из снижающих натиск факторов является оптимальное проектное решение и реализация “строительной системы”. Опыт строительства показывает, что экологично-оптимальное решение во многом связано с грамотным использованием особенностей природной среды, их динамикой, в том числе и при взаимодействии со строительной системой на всем периоде ее эксплуатации.

Особенностью техногенной среды является возможность продления перечня входящих в нее макросистем, так как человечество, которое может тоже рассматриваться как одна из составляющих техногенной среды может создавать новые макросистемы, а также по мере исчерпания надобности отказываться от старых экосистем. То есть при определенных условиях отдельные макросистемы техногенной среды могут как появляться, так и исчезать. Очень важной особенностью техногенной среды является значительная дробность отдельных макросистем, что объясняется чрезвычайно широким спектром воздействий человека на среду в процессе его жизнедеятельности. Очень серьезной особенностью техногенной среды является возможность формирования макросистем с сугубо негативными характеристиками по воздействиям на природную, да и на техногенную среду, такими примерами может служить “макросистема Чернобыля после аварии”, отчасти зона Аральского моря (уже практически исчезнувшего). Отрицательные техногенные последствия существования таких макросистем, превалирует по своей значимости над любыми природными характеристиками, и при нынешнем развитии человеческих знаний и состоянии общества не могут быть устранены человеком в обозримом будущем.

### **Краткий очерк о планете Земля**

Межзвездное пространство не представляет собой пустоты в обычном понимании, а заполнено газово-пылевым материалом, в котором как во всей Вселенной преобладает водород. Путем реакции ядерного синтеза из водорода образуется гелий, из которого, в свою очередь, возникает углерод. На рис. ... представлен ряд некоторых превращений. Ядерные процессы внутри газопылевого облака продолжались несколько сот миллионов лет: ядра гелия объединялись с ядрами углерода и формировали ядра кислорода, затем неона, магния, кремния, серы и т.д. Одна из схем возникновения и развитие Солнечной системы показана на рис.

Таким образом, под действием высоких температур и гравитационного сжатия, обусловленного вращением облака вокруг своей оси, возникают различные химические элементы, составляющие основную массу звезд, планет и их оболочек. Этот процесс в общем-то является закономерным в эволюции Вселенной и Солнечная система возникла в полном с ним соответствии. Однако для дальнейшего развития по пути к возникновению жизни необходимы были некоторые космические и планетарные условия:

- размеры планеты, так как масса не может быть большой, в противном случае энергия атомного распада природных радиоактивных элементов может вызвать перегрев планеты и радиоактивное загрязнение, что не совместимо с жизнью (в известных нам формах); малая планета неспособна удержать сколько-нибудь значимую атмосферу;

- движение планеты вокруг звезды должно осуществляться по круговой или близкой к круговой орбите, позволяющее постоянно и равномерно получать необходимое количество излучаемой звездной энергии;

- постоянная интенсивность излучения светила, в противном случае поток лучистой энергии, поступающей на планету, не будет равномерным, а это вызывает обычно резкие колебания температур, что неизбежно препятствует возникновению и развитию жизни, так как существование живых организмов возможно в пределах весьма жестких температурных рамок, для этого достаточно вспомнить, что известные нам живые существа на 80-90% состоят из воды как жидкости, которая при 0°C замерзает, а при 100°C закипает...

Земля входит в планетарную систему Звезды Солнце. В связи с тем, что именно Солнце играло во все времена решающую роль не только в образовании собственно нашей планеты, в образовании и существовании жизни на Земле имеются все основания дать некоторые сведения о нашем светиле.

Солнце - центральное тело Солнечной системы представляет собой типичную, довольно распространенную во Вселенной звезду - карлик спектрального класса G2. Солнце является собой распаленной плазменной газовой шар, находящийся в равновесии в поле своего собственного тяготения. Солнце по нашим понятиям огромно, его масса составляет большую часть массы всей Солнечной системы и равна  $2 \times 10^{30}$  кг (масса Солнца в 750 раз превосходит массу всех планет и в 330000 раз массу Земли); радиус Солнца  $7 \times 10^8$  м, средняя плотность ( $\rho$ ) =  $1,4 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, ускорение силы тяжести ( $g$ ) =  $2,7 \times 10^2$  м/с<sup>2</sup>.

Светимость современного Солнца равна  $3,83 \times 10^{23}$  кВт, но в разные периоды своего существования она была различной и в начале периода планетообразования была значительно меньше. Земля получает лишь одну двухмиллиардную долю солнечного излучения, но и этого, как показывает наш жизненный опыт, вполне достаточно, чтобы управлять погодой и климатом на земном шаре, приводить в движение огромные воздушные и водные массы. Температура поверхности составляет  $5770^\circ$  К в недрах же Солнца более 10 млн<sup>o</sup> К. Химический состав представлен на 90% водородом, около 10% гелий и десятые доли процента практически все остальные элементы, среди которых иногда можно насчитать только отдельные атомы. Источник солнечной энергии - термоядерные реакции превращения водорода в гелий. Энергия передается из недр Солнца излучением, а в приповерхностной зоне конвекцией (рис. ).

С конвективным перемещением плазмы связаны различные особенности ее поверхностной зоны - фотосферы: грануляция, солнечные пятна, спиккулы и т.п. Наличие, отсутствие, изменение размеров, в частности, солнечных пятен активно влияет на многие земные процессы. С солнечными пятнами связана, так называемая солнечная активность с периодизацией в 11 лет. Солнечная атмосфера, состоящая из хромосферы и солнечной короны находится в сложном динамическом состоянии, в ней наблюдаются солнечные (хромосферные) вспышки, протуберанцы и из нее непрерывно происходит постоянное истечение вещества короны в межпланетные пространства (солнечный ветер). Протуберанцы - это огромное по объему облака газа в виде "занавесей" или "столбов", масса которых измеряется миллиардами тонн. Во время вспышек отдельные части протуберанцев могут подниматься вверх со скоростью до нескольких сот километров в секунду и на высоты до 1 млн. км, что превышает радиус Солнца.

Отмечается определенная зависимость между активностью в солнечной атмосфере и процессами жизнедеятельности растений и животных, состоянием здоровья, погодно-климатическими аномалиями и другими географическими явлениями. Однако достаточных научных данных для объяснения механизма этого взаимодействия пока не имеется.

Солнечная планетарная система насчитывает девять больших планет, часть из которых обладает спутниками и несколько тысяч малых планет (астероидов). Принципиально к Солнечной системе относят такие своеобразные космические тела как кометы и метеоритное вещество. Сила тяготения Солнца является причиной движения планет вокруг него по орбитам, находящимся на различных расстояниях. Надо отметить, что достаточно сложно, не искажая масштаб, изобразить наглядно Солнечную систему (Если изобразить Землю в виде кружка в 1 мм, то Солнце окажется на расстоянии 11 м от Земли и его диаметр будет 11 см. Орбита Плутона изобразится окружностью диаметром 440 м). В таблице - показаны основные параметры планет Солнечной системы.

В целом среди планет Солнечной системы достаточно четко выделяются некоторые группы: - планеты "Земной группы" - Меркурий, Венера, Земля и Марс; "Планеты гиганты" - Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун; особо стоит самая далекая и меньше всех изученная небольшая планета Плутон и группа малых планет - астероидов.

Большая часть массы планет земной группы приходится на долю твердых веществ, в составе этих планет оксиды и другие соединения кремния, алюминия, железа, магния, кальция.

Малая плотность планет гигантов, у Сатурна, например, она меньше плотности воды, объясняется тем, что они, главным образом состоят из газов и жидкостей в виде соединений водорода и гелия, которые и слагают эти планеты почти на 98%. В атмосфере этих планет содержится метан и аммиак. Предположительно по мере приближения к центру планет-гигантов за счет роста давления водород должен перейти в газообразное двухфазное состояние. Водород при этих давлениях (в несколько миллионов больше земного атмосферного) приобретает свойство металла. Ядро Юпитера, сложенное

силикатами, металлами и металлическим водородом в 1,5 раза больше Земли, а по массе (больше Земли) почти в 15 раз. Любая из планет-гигантов больше по массе любой из планет

Таблица

Краткая характеристика планет  
Солнечной системы

Планета	Среднее расстояние от Солнца а.с.	Период обращения вокруг Солнца год	Период вращения вокруг оси	Радиус в радиусах Земли	Средняя плотность кг/м <sup>3</sup>	Число известных спутников
Меркурий	0,4	0,24	59 сут	0,38	5400	0
Венера	0,7	0,62	243 сут	0,95	5200	0
Земля	1,0	1,00	23ч 56мин	1,00	5500	1
Марс	1,5	1,88	24ч 37мин	0,53	3900	2
Юпитер	5,2	11,86	9ч 50мин	11,2	1300	15
Сатурн	9,5	29,46	10ч 14мин	9,5	700	17
Уран	19,2	84,07	15ч 36мин	3,9	1600	14
Нептун	30,1	164,82	18ч 29мин	4,0	1700	2
Плутон	39,5	248,6	6,4 сут	0,45	700(?)	1

а.е. - астрономическая единица - расстояние от Земли до Солнца.

земной группы, самая же крупная планета - Юпитер - больше самой крупной из планет земной группы - Земли по диаметру в 11 раз, а по массе более чем в 300 раз.

Планеты-гиганты быстрее вращаются вокруг оси и по количеству спутников превосходят планеты Земной группы. На последние 4 планеты всего 3 спутника, а на 4 планеты-гиганта - 54. Планеты-гиганты имеют еще и кольца из мелких обломков и газа. Спутники планет-гигантов достигают весьма больших размеров; на них обнаружены следы тектонической и вулканической деятельности.

О природе Земли как планеты будет подробно изложено в дальнейших главах, сейчас же Мы приведем общую характеристику планет земной группы и спутника Земли - Луны.

У всех планет земной группы - Меркурия, Венеры, Земли и Марса есть общая черта в строении - литосфера, которая как бы отвечает твердому агрегатному состоянию вещества, у трех планет: Венеры, Земли и Марса имеется атмосфера, гидросфера установлена пока лишь на нашей планете. На рис. показано строение планет Земной группы и Луны, а в таблице характеристика атмосферы планет земной группы.

В целом принято считать, что плотность атмосферы на Венере в 100 раз больше земной, а у Марса в 100 раз меньше, чем на Земле.

Геолого-историческое изучение позволяет сделать вывод о том, что у Марса, Венеры и Земли (у Меркурия, наверное, тоже, пока атмосфера не была сорвана "Солнечным дыханием") первичный состав атмосферы был одинаковым, но у Венеры и Марса он практически не изменился. Трансформация земной атмосферы напрямую связана с наличием на нашей планете жизни. Следов жизни на Венере, Марсе и

тем более Меркурии пока земными космическими аппаратами и наблюдателями в достоверном виде не обнаружено.

Таблица

Характеристика атмосфер планет земной группы  
(по Петросову и др., 1998)

Планета	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Основные компоненты атмосферы (в%)	Атмосфера отсутствует	N <sub>2</sub> 3-5 O <sub>2</sub> 0,001 CO <sub>2</sub> 95 H <sub>2</sub> O 0,01-0,1 Ar 0,01	N <sub>2</sub> 78 O <sub>2</sub> 21 CO <sub>2</sub> 0,03 H <sub>2</sub> O 0,0-1,0 Ar 0,93	N <sub>2</sub> 2-3 O <sub>2</sub> 0,1-0,4 CO <sub>2</sub> 95 H <sub>2</sub> O 0,001-0,1 Ar 1-2
Давление у поверхности, относительно земного	-	90	1	0,005
Температура на поверхности (С°) средней широты	-	470	от +40 до -30	от 0 до -70

Существенное значение имел также тот факт, что никогда в истории Земли водоемы не промерзали до дна. Данные об обмене углекислого газа между атмосферой и сушей (при участии гидросферы) во многом объясняет причины потери Венерой гидросферы и проливают свет на причины отсутствия на Марсе условий для жизни схожей с земными формами.

**Меркурий.** Это очень небольшая по размерам планета ближе всех расположена к Солнцу и вследствие этого испытывает его мощнейшее воздействие. На поверхности обнаружены кратеры метеоритного происхождения, низменности больших размеров, которые условно можно именовать “морями” и возвышенности похожие на “материки”. Строение и свойства поверхностного слоя представляются схожими с лунными грунтами. Вследствие отсутствия атмосферы перепады температур очень велики от 450°С до -180°С, что вызвано как близостью Солнца, так и продолжительностью меркурианских суток (без малого в 180 раз длиннее земных).

**Венера.** В целом по размерам и массе эта планета очень близка Земле. Прямому изучению Венеры препятствует чрезвычайно плотная непрозрачная атмосфера. Облака, по всей видимости состоят из капель концентрированной серной кислоты, ее кристалликов, серы. Суточные колебания температур практически отсутствуют, хотя сутки на Венере в 240 раз длиннее земных. Для атмосферы Венеры характерно наличие парникового эффекта. Высокая плотность атмосферы и облачность в целом не препятствуют проникновению значительного количества солнечной энергии и в то же время не позволяют тепловому излучению от Венеры рассеиваться в космическом пространстве. Все это привело к тому, что температура на поверхности Венеры достигает температуры в 470°С. “Осмотр” поверхности Венеры производился с помощью космических аппаратов и специальными устройствами на телескопах; полученные данные показали, что на поверхности Венеры преобладают измененные пространства, имеются высокие плоскогорья и весьма высокие горы от 8 до 12 км. Выявлены следы вулканической и тектонической деятельности и кратеры метеоритного происхождения.

**Марс.** Эта планета всегда интересовала земных наблюдателей, достаточно вспомнить астронома Д.Скиапарелли, фантастов Г.Уэллса и А.К.Толстого, но все-таки пока “жизни на Марсе” обнаружить не удалось. На поверхности этой планеты имеются “морья”, “каналы”, “материки” - есть весьма подробные карты. По последним данным уточнено огромное количество метеоритных кратеров,

обнаружены гигантские вулканические конусы высотой в 15-20 км, диаметр основания которых достигает 600 км. И хотя считается, что вулканическая деятельность на Марсе прекратилась несколько сот миллионов лет назад, но эндогенные процессы в недрах Марса еще могут показать свою мощь. При описании рельефа Марса выявлены следы активных экзогенных процессов, которые оставили осыпи, эрозионные врезы и даже дюны и следы пылевых бурь.

Американские спускаемые аппараты типа "Викинг" передали на Землю данные о химическом составе пород на поверхности Марса, в частности: кремния до 20%, железа до 14%. Из минералов, очень много похожих на лимонит (оксид железа), что в общем-то и объясняет красноватый цвет планеты на земном небосклоне.

Надо сказать, что для существования на Марсе форм жизни, хоть в чем-то схожих с земными, условия в природной среде не слишком подходящи: средняя температура на поверхности  $-60^{\circ}\text{C}$  и почти никогда не бывает положительной и это в средних и экваториальных широтах. На полюсах Марса температура падает до  $-150^{\circ}\text{C}$  при которой естественно замерзает не только вода, но даже и углекислый газ становится "сухим льдом".

Смена времени года приводит к таянию полярных ледяных шапок, что влечет за собой увеличение атмосферного давления и вызывает сильные ветры со скоростями более 100 м/с и, естественно, пыльные бури. Вся вода Марса сосредоточена по всей вероятности в полярных шапках и близлежащих к ним зонам вечной мерзлоты.

**Луна.** Строго говоря, Луна не является полноправным членом группы внутренних планет, но выявленная роль Луны во многих процессах, происходивших на Земле в различные геологические эпохи требует внимательного ее рассмотрения. Надо сказать, что Луна - это пока единственное космическое тело вне пределов Земли, на котором побывал человек. Роль Луны огромна, недаром иногда систему Земля-Луна называют двойной планетой. Земля и Луна расположены очень близко друг к другу сейчас и были еще ближе в начале своего существования. По массе современная Луна всего в 81 раз меньше Земли, а Прото-Луна была еще больше.

Но именно масса Луны и обусловила отсутствие у нее атмосферы (при силе тяжести в 6 раз меньше земной, молекулам газа гораздо легче покинуть Луну). Именно отсутствие атмосферы и гидросферы, а также исключительно медленное вращение вокруг оси (сутки на Луне равны земному месяцу) приводят к тому, что за лунный день ее поверхность нагревается до  $+120^{\circ}\text{C}$  а ночью остывает до  $-170^{\circ}\text{C}$ . Это привело к активизации процессов механического дробления пород и поэтому образовалась знаменитая лунная пыль, которая представляет собой тонкораздробленный материал, называемый реголитом.

Дополнительным фактором разрушения лунных пород явилась при отсутствии защитного экрана атмосферы постоянная, на протяжении нескольких миллиардов лет, "бомбардировка" метеоритами и микрометеоритами. Скорость их падения, точнее удара, достигает десятков километров в секунду.

Крупные тела оставляют после удара огромные кратеры до 200 км в диаметре. Спускаемые отечественные и американские лунные аппараты и астронавты доставили на Землю образцы лунных горных пород. Состав минералов, который был получен в результате проведенных исследований показал, что в своем разнообразии гораздо беднее земных пород, но существенно богаче, чем обнаруженные минералы в метеоритах. Других, нежели земные, минералов в лунных образцах не обнаружено, но в них нет ни одного, который образовывался в водной среде или при наличии свободного кислорода. Кроме того лунные породы обеднены летучими соединениями и никаких признаков или следов органических соединений, тем более микроорганизмов и других организмов не обнаружено.

"Материки" Луны, видимые нами как светлые и "моря" - как темные впадины, отличаются по химическому составу слагающих пород, геологической (селенологической) истории. На более молодой поверхности "морей", покрытой вулканической лавой гораздо меньше кратеров. Выявлены горы сбросового типа, складчатых же образований пока не обнаружено. Очень важным обстоятельством является отсутствие на Луне типичных процессов водной эрозии и химического выветривания, это служит подтверждением факта того, что на Луне никогда не было ни атмосферы, ни гидросферы.

**Астероиды.** Всего в настоящее время известно более 6000 малых планет, из которых самая крупная - Церера (диаметр 1000 км). В целом же считается, что общее число малых планет, диаметр которых превышает 1 км может насчитывать до 1 миллиона. Масса же всех астероидов не превышает



одной тысячной массы Земли. Необходимость изучения астероидов и метеоритов - космических тел падающих на Землю вызвана не только исключительно научными интересами, а очень важным обстоятельством экологического характера, а именно вероятностью столкновения значительных по размеру космических тел с Землей. Расчеты показывают, что воздействие космического тела размером 1 км равносильно взрыву всех атомных и водородных бомб, накопленных к этому времени всеми странами. Удар космического тела размерами в поперечнике в 10 км вызовет экологическую катастрофу с возможным уничтожением биоты и восстановлением ее только через несколько сот тысяч лет. Удар космического тела с поперечником более 100 км способен разрушить нашу планету, особенно при встречном столкновении и при обычных для таких ситуаций скоростей сближения 30 км/с. Во всяком случае явным последствием такого удара будет уничтожение атмосферы, а тем самым и всего живого. К настоящему времени известно около 20 тел астероидного типа (от 50 см до 50 км), орбиты которых расположены в непосредственной близости к нашей планете. Космонавты и астронавты установили, что около Земли не реже, чем 4 раза в месяц пролетает космическое тело от 5 до 50 см в диаметре. При рассмотрении возможности столкновения космических тел с Землей обычно используются статистические методы. Эти методы показали, что "встречи" Земли с телом в 10 км происходят один раз в 60-100 млн лет, размером в 1 км - один раз в миллион лет, около 100 м - каждые 5000 лет, менее 100 м - раз в 300 лет. В течение же одного года на Землю падает в среднем 200 тысяч тонн внеземного вещества. Палеоданные показывают, что Земля испытала столкновение с достаточно крупными астероидами в своей истории. Ученые Принстонского университета А.Фишер и М.Артур в 1997 г. впервые выдвинули гипотезу о совпадении периодов массовой гибели флоры и фауны на Земле со столкновением ее с крупными небесными телами. Палеонтологи Д.Рол и ДЖ.Сенковский установили, что почти через каждые 26-27 млн лет происходило массовое исчезновение представителей флоры и фауны. Группа американских ученых во главе с У.Альваресом связывает глобальную катастрофу, произошедшую 65 млн лет назад, когда за очень короткое время вымерзли почти все плавающие и летающие рептилии, динозавры, водоросли и планктон, т.е. значительная часть биоты, с падением на Землю очень крупного астероида. В качестве доказательства они приводят найденные в глинистых отложениях этого времени большие количества иридия, весьма редкого химического элемента, который был распылен при взрыве от удара о Землю большого астероида.

В 1989 году на 6 часов разминулся с Землей астероид размерами около 800 м, который астрономы обнаружили "со спины", когда он уже прошел орбиту Земли. 8 декабря 1992 года астероид Тоутатис (6 км в диаметре) прошел мимо Земли на расстоянии 3 млн км. 26 сентября 2000 года этот астероид снова приблизится к Земле. В конце мая 1996 года мимо Земли прошел не зарегистрированный ранее астероид 1996 IAL (D=500м) всего на расстоянии 450 тыс. км. Это первый известный такого рода факт.

Опасения по поводу возможного столкновения таких тел с Землей значительно усилились после падения на Юпитер кометы Шумейкер - Леви -9 в июле 1995 г. При этом комета лишь проходила мимо Юпитера, но попав в его мощное гравитационное поле, развалилась на большое число кусков и тем не менее, как показали наблюдения ряда участков поверхности юпитерианской атмосферы, температура там достигала 20-30 тысяч градусов. Можно предположить, что на глубине она могла достигать и миллиона градусов. При не разрушении кометы удар ее о Юпитер мог сказаться и на устойчивости Солнечной системы. Это заставило Конгресс США принять в адрес NASA (Национальной администрации по авиации и освоению космоса) следующую рекомендацию: "Поручается каталогизировать и отслеживать все кометы и астероиды, которые пересекают орбиту Земли".

Из числа столкновений, имевших катастрофические последствия, можно назвать также падение в 1908 году Тунгусского метеорита - объекта, который по современным представлениям был ядром небольшой кометы.

Нет особых оснований считать, что количество столкновений с Землей может сколько-нибудь увеличиться или уменьшиться. Но, если говорить о возможностях столкновений космических тел с Землей, то о кометах можно последовать за А.С.Пушкиным: "Как незаконная комета в кругу расчисленных светил", т.е. встреча эта может быть весьма неожиданной и, мягко говоря, малоприятной.

Уместно поставить вопрос: “Обладает ли человечество возможностями, чтобы избежать экологических катастроф в связи с космическими причинами?” Мы вернемся к этому вопросу в соответствующем разделе учебника.

**Форма и строение Земли.** Обычно форма Земли описывается термином “земной шар” (это кстати выражается одним из способов изображения географической информации в виде глобуса). Установлено, что масса Земли равна  $5,98 \times 10^{27}$  г, объем  $1,083 \times 10^{27}$  см<sup>3</sup>, средний радиус 6371 км, средняя плотность 5,52 г/см<sup>3</sup>, среднее ускорение силы тяжести 981 Гал. Форма Земли близка к трехосно эллипсоиду вращения с полярным сжатием: у современной Земли полярный радиус 6356,78 км, а экваториальный - 6378,16 км. Длина меридиана Земли составляет 40008,548 км, длина экватора 40075,704 км. Различие в экваториальных и меридианальных размерах или, проще говоря, “сплюснутость” нашей планеты с полюсов является следствием вращения Земли вокруг полярной оси, а величина этого различия связана со скоростью вращения. Иногда Землю описывают как сферой, но форма нашей планеты имеет свое собственное имя - геоид. Не секрет, что земная поверхность значительно изменчива по высоте от глубоких океанских впадин (Марианская - 11521 м) до высоких горных вершин (Эверест - 8842 м). Геоид вне континентов совпадает с невозмущенной поверхностью Мирового океана, на континентах поверхность геоида рассчитана по гравиметрическим исследованиям и с помощью космических наблюдений.

Поверхность Земли на 70,8% (6361,1 млн м<sup>2</sup>) занята водой, суша же составляет 29,2% (148,9 млн км<sup>2</sup>). В общем виде (см.рис. ), как установлено современными геофизическими исследованиями: по скоростям распространения сейсмических волн, данными о плотности земного вещества, расчетами массы Земли, космическими экспериментами и наблюдениями, Земля сложена как бы из нескольких концентрических оболочек: 1) внешних: космосфера, атмосфера (газовая оболочка), гидросфера (водная оболочка), биосфера (область распространения живых организмов) и 2) внутренних, которые собственно и являются геосферами (ядро, мантия и литосфера).

Непосредственному наблюдению доступны часть космосферы, атмосферы, гидросферы, самую верхнюю часть земной коры, биосферу. С помощью буровых скважин основное изучение проводится до глубин 8 км. Проходка сверхглубоких скважин, которая с научными целями осуществляется в России, США и Канаде (наибольшая глубина в 12252 мм достигнута в России на Кольской сверхглубокой) позволила отобрать образцы горных пород со значительных глубин для непосредственного изучения. Главная цель этих работ достижение границ “гранитного” и “базальтового” слоев литосферы или верхних границ мантии. Строение более глубоких недр Земли изучается сейсмическими и гравиметрическими методами. Непосредственное изучение поднятого на поверхность мантийного вещества должно многое объяснить в истории образования земной коры и мантии, что играло далеко не последнюю роль в формировании условий жизнеобитания на нашей планете.

Границы между внутренними сферами Земли, естественно, носят достаточно условный характер и отвечают уровню современного геологического знания. Эти границы изменяются как площади, так и по глубине за счет взаимопроникновения.

Земное ядро состоит из внешнего (жидкого) и внутреннего (твердого) ядра, плотность вещества во внешнем ядре с глубиной возрастает от  $\approx 9,5$  г/см<sup>3</sup> до  $\approx 12,3$  г/см<sup>3</sup>. В центральной части внутреннего ядра плотность достигает величины почти в 14 г/см<sup>3</sup>. Масса земного ядра составляет до 32%, а объем - 16% от массы и объема планеты. Современные специалисты считают, что по составу в земном ядре примерно 90% железа с примесью кислорода, серы, углерода и водорода, в центральной части внутреннего ядра состав представлен железо-никелевыми соединениями, что практически отвечает составу большого числа метеоритов.

Мантия Земли представляет собой силикатную оболочку между ядром и подошвой литосферы. По данным О.Г.Сорохтина, 1994, масса мантии составляет 67,8% от общей массы Земли. Мантия подразделяется на верхнюю (до глубины  $\approx 400 \div 1000$  км) и нижнюю (до глубины около 2900 км). Под океанами в верхней мантии выделяется слой, в котором вещество находится в частично расплавленном состоянии. Весьма важным элементом в строении мантии является зона представляющая литосферу. Это зона физически представляет собой переход от охлажденных твердых пород к частично расплавленному веществу мантии, которое обладает пластическими свойствами и являет собой астеносферу. Мантия состоит из так называемого пиролита (75% перидотита и 25% базальта). Содержание радиоактивных

элементов в ней весьма низки, так как в среднем U-10<sup>-8</sup>%, Th-10<sup>-7</sup>%, <sup>40</sup>K-10<sup>-6</sup>%. Мантия сейчас расценивается как источник сейсмических, тектонических, вулканических, горообразовательных и магматических процессов.

Земная кора представляет собой верхний слой нашей планеты, которая ограничивается снизу так называемым слоем Мохоровича, где происходит скачкообразное увеличение скоростей сейсмических волн (до 8,2 км/с).

На земной коре отражается воздействие двух противоположно направленных групп процессов из которых один как бы “наращивают” земную поверхность в виде гор, вертикальных и горизонтальных перемещений блоков, а другие “сглаживают” возникшие неровности, заполняют осадочным материалом понижения. Земная кора все время находится в состоянии изменения, тем самым существенным образом оказывая влияние на устойчивость и стабильность, протекающих на ней процессов в других геосферах.

Современные геологи выделяют два типа земной коры: океаническую и континентальную. Океаническая кора имеет мощность 20-25 км и состоит из слоя осадочных пород, подстилающихся базальтами, до долеритами и габбро. Континентальная кора по мощности достигает 80 км и сложена тремя слоями: осадочным, “гранитным”, “базальтовым”.

Весьма важным обстоятельством, отличающим земную кору от других геосфер, является повышенное содержание в ней долгоживущих радиоактивных изотопов урана <sup>232</sup>U, тория <sup>238</sup>Th, калия <sup>40</sup>K, причем их наибольшая концентрация выявлена в “гранитном” слое континентальной коры, в океанической коре радиоактивные элементы представлены “следами”.

В целом земная кора по химическому составу может быть описана следующим образом:

Кислород 46,8%	Натрий 2,6%
Кремний 27,3%	Калий 2,6%
Алюминий 8,7%	Магний 2,1%
Железо 5,1%	
Кальций 3,6%	Другие 1,2%

**Литосфера** - одна из главнейших геосфер представляет собой оболочку Земли, которая объединяет земную кору, подкоровую часть верхней и подстилающую часть астеносферы. Характерным признаком литосферы является то, что в нее входят породы в твердом кристаллическом состоянии, а также то, что она обладает жесткостью и прочностью. Вниз по разрезу температура повышается и в астеносфере, где температура достигает величин, при которых вещество переходит в частично расплавленном состоянии и обладает пластичностью, вплоть до возможности течь даже при действии очень малых избыточных давлений. В свете современных представлений согласно теории тектоники литосферных плит установлено, что литосферные плиты, которые слагают внешнюю оболочку Земли, образуются за счет остывания и полной кристаллизации частично расплавленного вещества астеносферы. Астеносфера в силу своего глобального распространения определяет возможность перемещения литосферных плит, хотя ее мощность и отдельные свойства варьируют в значительном диапазоне. Мощность литосферы меняется от нескольких километров под рифтовыми долинами срединных океанических хребтов, почти до 100 км под периферией океанов, а под древними щитами мощность литосферы определяется в 300-350 км.

Земная кора имеет два основных источника тепла: от Солнца и от распада радиоактивных веществ, сосредоточенных на границе с верхней мантией. В недрах же Земли температура увеличивается по адиабатическому закону, т.е. в зависимости от плотности вещества без теплообмена, от 1300°C верхней мантии до 3700°C в центре ядра. Внутренняя теплота нашей планеты имеет во многом решающее значение для процессов жизнедеятельности организмов на Земле и определяет все глобальные биосферные закономерности.

В земной коре, на поверхности которой распространена жизнь во всех ее известных для Земли формах, отмечено закономерное нарастание температуры с глубиной. В целом выделяют три температурные зоны: 1) переменных температур; 2) постоянных температур; 3) нарастания температур. В зоне переменных температур диапазон колебаний температур определяется во многом климатом местности. Суточные колебания практически затухают на глубинах около 1,5 м, а годовые (сезонные) на глубинах 20-30 м. В зимний период в средних и более высоких широтах в самой верхней части зоны переменных температур образуется подзона промерзания, где температуры опускаются ниже 0°C. В

средних широтах мощность этой подзоны зависит от климата, типа горных пород и колеблется от нескольких сантиметров до 2 м и более. По мере углубления влияние сезонных колебаний температур уменьшается и на глубине примерно 15-40 м находится зона постоянной температуры, которая соответствует среднегодовой температуре данной местности. Далее температуры растут более или менее закономерно. Теоретически средняя величина геотермической ступени (глубина, при которой температура повышается на 1°С) равна 33 м, хотя диапазон ее изменения лежит в очень широких пределах.

Во второй половине XX века широкое распространение в геологической науке получила теория глобальной тектоники или теория мобилизма. Согласно этой теории, вся литосфера разбита на гигантские блоки - литосферные плиты, уходящие своими основаниями в мантию. Границы между литосферными плитами могут проходить как по суше, так и по дну океана. В океанах этими границами служат срединные океанические хребты. В этих областях зафиксировано большое количество разломов-рифтов, по которым вещество из верхней мантии поступает к поверхности и растекаясь по ней приводит в движение весь "ансамбль" литосферных плит. В граничных зонах между плитами выявлены зоны тектонической, сейсмической, вулканической и горообразовательной активности. К числу таких зон относится пояс Японских островов, Гималаи, Альпы, Анды и Кордильеры и др. Размеры плит далеко неравнозначны от огромных: Тихоокеанской и Североамериканской, Африканской; до малых - Копос и др. При перемещениях плит по астеносфере возникает надвиг, "подныривание", горизонтальное трение плит друг и друга. Движение плит зафиксировано точнейшими наблюдениями из космоса, что позволило, например, установить, что "раздвижение" аравийской и африканской плит приведет через определенный, достаточно удаленный от нас, момент времени, на месте нынешнего Красного моря возникнет новый океан (скорость расширения Красного моря равна 1,5 см в год, а Индостан сталкивается с Евразией со скоростью 5 см в год). Несмотря на то, что мобилистская теория имеет достаточное физическое и математическое обоснование, но многие "геологические" вопросы еще до конца не объяснены. В частности, совершенно не просто объясняются "внутриплитные" тектонические и горообразовательные процессы. В связи с этим многое из господствовавшей долгие годы в геологии теории "фиксизма" - теории геосинклиналей, сейчас может быть использовано на основе новых теоретических подходов. Например, оказывается, что литосферные плиты отнюдь не абсолютно жесткие и недеформируемые, согласно данным ряда специалистов, поднимающихся из недр Земли мощные потоки энергии и вещества из мантии, которые способны "прогреть", проплавить и деформировать литосферную плиту. Все это может быть в основе теоретического рассмотрения стадий развития геосинклиналей.

В целом же глобальная тектоника плит весьма объективна в описании палеогеографического состояния Земли, вполне подтвержденного экспериментальными данными перемещения (образования и разрушения) древних материков. Значимость в соотношениях площадей поверхности суши и океанов, единство и удаленность материков и их размеры оказали весьма значительное влияние на эволюционные процессы как в целом в биосфере, так и в отдельных ее составляющих вплоть до отдельных видов животных, растений и микроорганизмов.

Процессы, протекающие в недрах и на поверхности Земли, имеют не только геологическое значение, но и опосредовано на протекание процессов во внешних оболочках (гидросфере, атмосфере и биосфере) и существенно взаимозависимы с ними. К числу процессов эндогенного характера (внутренней динамики), которые имеют определенное экологическое значение относят в первую очередь, горообразовательные и тектонические, отчасти, вулканические и сейсмические и, конечно, магматические породообразующие процессы. Все эти процессы обуславливают первичное состояние рельефа Земли, размеры и форму материков, островов и т.п. Существенна значимость процессов внешней динамики Земли (экзогенных) в более явном виде связанных с другими геосферами, зачастую и реализуемых за счет этих геосфер: движение воздушных масс, выпадение осадков, колебание температур, движение воды в реках и морях. Экзогенные процессы приводят к образованию масс рыхлых пород, кор выветривания и являются зоной подстилающей почвы. Подстилающие породы являются источником многих химических элементов, необходимых для жизни организмов и "хранилищем" органических остатков. И эндогенные и экзогенные процессы в конечном итоге послужили источником большинства запасов полезных ископаемых и ресурсов, которые необходимы для устойчивого развития человечества.

## Краткая справка об эволюции Вселенной

Наша Галактика, Галактика “Млечный Путь”, которая в 1923 году была, по существу, открыта при обнаружении в туманности Андромеды нескольких цефеид, что подтвердило вывод о том, что туманность Андромеды это другая галактика, удаленная от нас на расстояние 2,3 млн световых лет. Диаметр нашей Галактики примерно 100 тыс. световых лет, число звезд - около 150 млрд и составляют они 98% всей массы. Наша Галактика относится к классу спиральных галактик, потому что межзвездный газ, основную массу которого составляет водород, образует вокруг Центра Галактики ветви, имеющие спиральную форму.

Кроме туманности Андромеды невооруженным глазом наблюдается еще две галактики: Большое и Малое Магеллановы Облака. Исследования показали, что в спектрах галактик линии обычно бывают смещены в сторону его красной части, т.е. в сторону более длинных волн. Это означает, что все галактики удаляются от нас. Однако же картина разбегания будет наблюдаться и с любой другой галактики, то есть все наблюдаемые галактики удаляются друг от друга.

Рассмотрим, вслед за Р.А.Петросовой и др. (1998 г.) огромный условный шар (Вселенную), который состоит из отдельных точек (галактик), однородно распределенных внутри него и взаимодействующих по гравитационным законам. Если в начальный момент (!) галактики были неподвижны, то под действием гравитации, они сразу же должны начать сближаться. Это значит к центру Вселенной будет нарастать плотность, Если в начальный момент (!) галактики удалялись друг от друга, то в случае превышения ими второй космической скорости, они будут разбегаться бесконечно, но при любой скорости гравитация будет уменьшать скорость их разбегания. Если скорости галактик меньше второй космической, то расширение Вселенной должно смениться сжатием.

Какой из этих вариантов развития Вселенной будет реализован ( или реализуется ?!) с какой-либо степенью вероятности утверждать по современным данным невозможно. Однако ясно, что плотность вещества в прошлом во Вселенной была значительно больше. Галактики, звезды и планеты не могли существовать как самостоятельные объекты, а вещество, из которого они теперь состоят было качественно иным и представляло собой однородную, очень горячую и плотную среду. Ее температура превышала 10 млрд. градусов, а плотность была больше плотности ядер атомов, которая составляет  $105417 \text{ кг/м}^3$ . Это данные не только расчетов, но и конкретных наблюдений. По расчетам на ранних стадиях существования горячая Вселенная была заполнена, наряду с веществом, квантами электромагнитного излучения с очень высокой энергией. По мере расширения Вселенной энергия квантов уменьшалась, и в настоящее время должна соответствовать 5-6 К. Это излучение было открыто в 1965 г. и названо реликтовым.

Начальная стадия существования горячей Вселенной получила наименование Большого взрыва. Теория Большого взрыва может быть описана в следующем приближенной кратком виде. Первоначально во Вселенной не могли существовать даже сложные ядра, не говоря уже об атомах. В этих условиях осуществлялись взаимные превращения нейтронов и протонов при взаимодействиях с электронами, позитронами, нейтрино и антинейтрино. По мере снижения температуры в 10 раз, до 1 млрд. градусов энергия квантов и частиц стало недостаточной для противодействия образованию простейших ядер атомов дейтерия, гелия-3 и гелия-4. Через 3 минуты после начала расширения во Вселенной установилось вполне четко определенное соотношение в содержании ядер водорода (до 70%) и ядер гелия (до 30%). Это продолжалось довольно долго, на протяжении миллиардов лет, до тех пор, пока из вещества Вселенной сформировались звезды и галактики. В недрах звезд в результате термоядерных реакций начали образовываться все более сложные атомные ядра. В межзвездной среде сложились условия для образования нейтральных атомов, а затем и молекул.

### Глава 3. Водная оболочка Земли

**Гидросфера** - это водная оболочка Земли, которая включает Мировой океан, воды суши (реки, озера, болота, ледники), подземные воды. Воде принадлежит важнейшая роль в истории развития нашей планеты, так как с ней связано зарождение и развитие живого вещества, а, следовательно, и всей биосферы.

Основная масса воды сосредоточена в морях и океанах - почти 94%, а остальные 6% приходится на другие части гидросферы (табл. )

Площадь гидросферы составляет 70,8% площади поверхности земного шара, тогда как ее объем - всего около 0,1% объема планеты. Толщина равномерно распределенной пленки по поверхности Земли равна всего 0,03% ее диаметра. Доля поверхностных вод в гидросфере весьма мала, но они обладают исключительной активностью (меняется в среднем каждые 11 дней), - и это служит началом формирования почти всех источников пресных вод на суше. Количество пресной воды составляет 2,5% от общего объема, при этом почти две трети этой воды заключено в ледниках Антарктиды, Гренландии, полярных островов, льдин и айсбергов, горных вершин. Подземные воды находятся на различной глубине (до 200 м и более); глубокозалегающие подземные водоносные горизонты минерализованы, а иногда и засолены. Кроме воды собственно в гидросфере, водяных паров в атмосфере, подземных вод в почвах и земной коре имеется биологическая вода в живых организмах. При общей массе живого вещества биосферы 1400 млрд т масса биологической воды составляет 80% или 1120 млрд т.

Главную роль в жизнедеятельности живых организмов на суше играет пресная вода. Пресной называют воду, соленость которой не превышает 1 ‰, т.е. содержащую не более 1 г солей в 1 л (соленость океанской воды составляет около 35 ‰). По имеющимся оценкам общие мировые ресурсы пресной воды составляют: суммарный сток 38-45 тыс км<sup>3</sup>, запасы воды в пресных озерах 230 тыс км<sup>3</sup>, а почвенной влаги - 75 тыс км<sup>3</sup>. Ежегодный объем испаряющейся с

Таблица

Распределение воды в гидросфере Земли  
(по М.И.Львовичу, 1986)

Части гидросферы	Объем, тыс.км <sup>3</sup>	% общего объема
Мировой океан	1 370 323	93,96
Подземные воды, всего в т.ч. в зоне активного водообмена	60 000 4 000	4,12 0,27
Ледники	24 000	1,65
Озера	280	0,019
Почвенная влага	85	0,006
Водяные пары в атмосфере	14	0,001
Речные воды	1,2	0,0001
Вся гидросфера	1 454 703,2	

поверхности планеты влаги (включая транспирацию растениями) оценивается примерно в 500-575 тыс км<sup>3</sup>, причем 430-500 тыс км<sup>3</sup> испаряется с поверхности Мирового океана, на долю суши приходится таким образом, чуть больше 70 тыс км<sup>3</sup> испаряющейся влаги; за это же время в виде осадков на все континенты выпадает 120 тыс км<sup>3</sup> воды.

Анализ водного баланса Земли показывает, что общее количество осадков, выпадающих на поверхность Мирового океана, всегда меньше испарения, так как часть испарившейся воды уносится на сушу и уже там выпадает в виде осадков. В среднем с поверхности океана ежегодно испаряется слой воды равный 1400 мм, а осадков выпадает 1270 мм. Разницу балансирует речной сток в океан. На суше наоборот, количество атмосферных осадков больше, чем количество испарившейся влаги: до 38% всех выпавших осадков речной сток уносит в океан.

Наиболее богата водными ресурсами на единицу площади Южная Америка, затем следует Европа, Азия и Северная Америка. По объему речного стока наиболее обеспечена водными ресурсами Азия. Несмотря на неравномерность распределения пресных вод по континентам Земли в целом они пока обеспечивают биосферу.

**Вода** - это самый распространенный на Земле минерал. В.И.Вернадский писал, что вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов. Нет земного вещества - минерала, горной породы, живого тела, которое ее бы не заключало. Все земное вещество... ею проникнуто и охвачено. Чистая, без примесей, вода прозрачна, бесцветна и не имеет запаха. Это единственный на нашей планете минерал, который встречается в естественных условиях в трех агрегатных состояниях: газообразном, жидком и твердом. Воду можно с химической точки зрения рассматривать как оксид водорода или гидрид кислорода. В табл. приведены данные изменения температур плавления и кипения близких по составу к воде соединений.

Таблица

Водный баланс земного шара в средний год

Поверхность	Площадь млн км <sup>2</sup>	Объем, км <sup>3</sup>		
		испарение	осадки	сток
Земной шар	510	577 000	577 000	-
Мировой океан	361	505 000	458 000	47 000
Суша	149	72 000	11 900	47 000
в т.ч. область стока в океан	119	63 000	110 000	47 000
область стока не достигающего океана (внутренний сток)	30	9 000	9 000	-

Таблица

Водный баланс и ресурсы пресных вод континентов и суши в целом  
(числитель мм, знаменатель км<sup>3</sup>)

Континенты	Площадь, млн км <sup>2</sup>	Осадки	Речной сток	Валовое увлажнение территории	Испарение
Европа	9,8	734 / 7165	319 / 3110	524 / 5120	415 / 4055
Азия	45,0	726 / 32690	293 / 13190	509 / 22910	433 / 19500
Африка	30,3	686 / 20780	139 / 4225	545 / 18020	547 / 16555

Северная Америка*	20,7	670 / 13910	287 / 5960	467 / 9690	467 / 7950
Южная Америка	17,8	1648/ 29355	583 / 10380	1275 / 22715	1275 /18975
Австралия **	8,7	736 / 6405	226 / 1965	564 /4905	564 / 4440
Вся суша ***	132,4	834/ 110305	294 / 38830	630 / 83360	540/ 71475

\*) вкл. Центральную Америку, исключая Канадский арктический архипелаг

\*\*\*) вкл. Тасманию Новую Гвинею, Новую Зеландию

\*\*\*\*) искл. Антарктиду, Гренландию, Канадский арктический архипелаг

Таблица

Температуры плавления и кипения водородных соединений элементов главной подгруппы VI группы периодической системы

Температура	Соединения			
	Теллури-водород H <sub>2</sub> Te	Селено-водород H <sub>2</sub> Se	Серо-водород H <sub>2</sub> S	Вода H <sub>2</sub> O
Плавления	-51°	-64°	-82°	0°С
Кипения	-4°	-42°	-61°	100°С

Анализ данных этой таблицы, а также рис , показывает “нелогичность” поведения воды: переходы воды из твердого состояния в жидкое и газообразное происходят при температурах намного более высоких, чем следовало бы. Аномальность поведения обусловлена строением молекулы воды H<sub>2</sub>O; она построена в виде тупоугольного треугольника: угол между двумя связями кислород - водород равен 104°27' (рис. ). Но поскольку оба водородных атома расположены по одну сторону от кислородного, то электрические заряды в ней рассредоточиваются и молекула воды приобретает полярность. Полярность является причиной химического взаимодействия между разными молекулами воды: атомы водорода в молекуле H<sub>2</sub>O, имея частичный положительный заряд, взаимодействует с электронами атомов кислорода соседних молекул. Такая химическая связь носит название водородной. Она объединяет молекулы воды в своеобразные полимеры пространственного строения; плоскость, в которой расположены водородные связи, перпендикулярна плоскости атомов той же молекулы воды. Взаимодействием между молекулами H<sub>2</sub>O и объясняются аномально высокие температуры плавления и кипения. Для того, чтобы “расшатать” водородные связи нужна значительная дополнительная энергия, поэтому, в частности, столь велика теплоемкость воды.

Из аналогичных ассоциатов (объединений молекул) сформированы кристаллы льда. Атомы в кристалле льда “упакованы” рыхло и в связи с этим лед плохо проводит тепло. Плотность жидкой воды при температуре близкой к нулю, больше, чем у льда. При 0°С один грамм льда занимает объем 1,0905 см<sup>3</sup>, а один грамм жидкой воды - 1,0001 см<sup>3</sup>. Поэтому лед плавает и оттого не промерзает до дна водоемы, а лишь имеет ледяной покров. В этом проявляется еще одна аномалия воды; после плавления вода сначала сжимается и только потом при температуре 4°С и выше начинает расширяться.

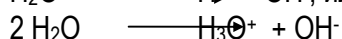
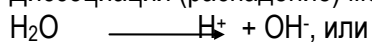


Специальными методами получены лед-II, лед-III - более тяжелые и плотные кристаллические формы твердой воды (самый твердый, плотный и тугоплавкий лед-VII - получен при давлении 3 млрд Па; температура плавления его равна +190°C).

Из химических свойств воды одним из важнейших является способность ее молекул к диссоциации, т.е. распадаться на ионы, а также колоссальная способность к растворению веществ различной химической природы.

Роль воды как главного и универсального растворителя определяется, прежде всего, полярностью ее молекул и, как следствие, ее чрезвычайно высокой диэлектрической проницаемостью. Разноименные электрические заряды и, в частности, ионы, притягиваются друг к другу в воде в 80 раз слабее, чем они бы притягивались бы в воздухе. Тепловому движению в этом случае легче разобщить молекулы. Оттого и происходит растворение, в том числе многих труднорастворимых веществ: не зря говорят: "Вода камень точит..."

Диссоциация (распадение) молекул воды на ионы:

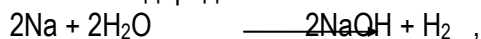


в обычных условиях весьма мала: диссоциирует одна молекула из полумиллиарда. Нужно заметить, что из приведенных выше реакций первая носит условный характер, т.к. в водной среде не может существовать лишенный электронной оболочки протон  $\text{H}^+$ , он мгновенно соединяется с молекулой воды, образуя ион гидроксония  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

Принципиально возможно, что ассоциаты водных молекул распадаются на весьма тяжелые ионы, такие как:

$8\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HgO}_4^+ + \text{H}_7\text{O}_4^-$ , а реакция  $\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$  - всего лишь схематическое общее изображение более сложных реакций.

Вода обладает слабой реакционной способностью. Некоторые активные металлы способны вытеснять из нее водород:



а в атмосфере свободного фтора может гореть:



В.П.Журавлев и др. (1995, стр. 129-132) приводит данные Г.В.Васильева по весьма многообразным характеристикам воды, в частности, аномальная вода (или супервода) достигает максимальной плотности при  $t = -10^\circ\text{C}$ , ее вязкость в 10-15 раз меньше классической воды, имеет полимеры  $(\text{H}_2\text{O})_3$  и  $(\text{H}_2\text{O})_4$ .

Установлено наличие сверханомальной воды, которая не имеет максимальной плотности, не кристаллизуется (даже при  $-100^\circ\text{C}$ ), а застекловывается, как смола. Академик А.Н.Фрушкин считает, что это новое четвертое агрегатное состояние воды - смолообразное и ставит его в ряд с открытием новых химических элементов.

Метаболическая вода - специальная жидкость, которая вырабатывается живым организмом, обладающая свойством противодействия "усыханию", иными словами "старению", метаболическая вода как утверждают некоторые ученые сама способна к старению и превращению в "мертвую" воду.

Г.В.Васильев выделяет: "талую" воду, повышающую урожайность; "магнитную" воду, препятствующую карбонатообразованию; "электрическую" воду, ускоряющую цветение некоторых растений; "сухую" воду, состоящую из 90%  $\text{H}_2\text{O}$  и 10%  $\text{H}_2\text{SiO}_4$ , а также:  $\pi$ -воду, черную, помнящую и т.д. Многие из этих видов воды обладают специфическими свойствами, не которые носят гипотетический характер. Однако, мы уже отмечали, что вода растворяет практически все вещества, кроме жиров и весьма ограниченного числа, некоторых минералов. Поэтому в природе не бывает практически чистой воды, она всегда раствор большей или меньшей концентрации.

Вода представляет собой, главным образом, жидкость, т.е. подвижное тело, что позволяет ей проникать в самые разнообразные тела и среды и двигаться в различных направлениях, одновременно транспортируя растворенные в ней вещества. Этим она обеспечивает обмен веществ в географической оболочке, в том числе между живыми организмами и средой. Вода способна преодолевать гравитацию даже в жидком состоянии, поднимаясь по тончайшим капиллярам. Это определяет возможности циркуляции воды в горных породах, почвах; кровообращение у животных; движение соков растений вверх

по стеблям. Вода обладает способностью смачивать, “прилипать” к различным поверхностям. Электрические силы взаимодействия способны связывать воду вокруг твердых частиц минералов, существенно изменяя ее характеристики, например, температура ее замерзания становится =  $-4^{\circ}\text{C}$ , плотность  $1,4 \text{ г/см}^3$  и др.

Происхождение воды на Земле до сих пор полностью не объяснимо: отдельные специалисты считают, что она образовалась в результате синтеза из водорода и кислорода при выделении их из недр Земли на первых этапах ее существования, а другие вслед за академиком О.Ю.Шмидтом предполагают, что вода попала на Землю при формировании планеты из космического пространства.

**Мировой океан** - это водная оболочка Земли, за исключением водоемов на суше и ледников Антарктиды, Гренландии, полярных архипелагов и горных вершин. Мировой океан делят на четыре основные части - Тихий, Атлантический, Индийский, Северный Ледовитый океаны. Воды Мирового океана, вдаваясь в сушу образуют моря и заливы; моря - это относительно изолированные части океана, например, Черное, Балтийское и др., а заливы вдаются в сушу не столь значительно как моря и по свойствам вод мало отличаются от Мирового океана, в то время как в морях, например, соленость воды может быть выше океанской ( $35\text{‰}$ ), как, например, в Красном море - до  $40\text{‰}$ , или ниже как в Балтийском море - от 3 до  $20\text{‰}$ .

Воды Мирового океана и его составных частей имеют некоторые общие признаки:

- все воды Мирового океана сообщаются друг с другом;
- уровень водной поверхности в них практически одинаков;
- вода Мирового океана имеет в среднем соленость  $35\text{‰}$ , горько-соленый вкус за счет растворенного в них большого количества минеральных солей.

Кроме солей в океанской воде растворимы различные газы и из них важнейшее значение имеет кислород в связи с его необходимостью для дыхания живых организмов. В различных частях Мирового океана количество растворенного кислорода разное, что зависит от температуры воды и ее состава. Наличие диоксида углерода в океанской воде обуславливает возможность фотосинтеза, а также позволяет некоторым морским животным создавать в результате жизненных процессов раковины и скелеты.

Температура воды в океанах варьирует в пределах от температуры замерзания в полярных морях до  $28^{\circ}\text{C}$  на экваторе.

Воды Мирового океана находятся в постоянном движении в виде волн, морских течений и приливно-отливных явлений. Волны возникают под действием ветра и моретрясений; морские течения образуются под действием постоянных ветров и разницы плотности океанической воды; приливы и отливы океанской воды связаны с притяжением Луны и вращения Земли вокруг оси.

**Подземные воды** - это воды, находящиеся в порах, трещинах, кавернах, пустотах, пещерах в толще горных пород под поверхностью Земли. Эти воды могут быть жидком, твердом и газообразном состоянии. Подземные и поверхностные воды взаимосвязаны: в одних случаях одни из них являются зонами питания, а другие зонами разгрузки, в иных случаях наоборот. Подземные воды имеют различное происхождение:

- ювенильные, образовавшиеся по гипотезе еще М.В.Ломоносова при магмагенных процессах;
- инфильтрационные, сформировавшиеся за счет просачивания атмосферных осадков сквозь толщу проницаемых почв и грунтов на водонепроницаемых слоях;
- конденсационные, скопившиеся в горных породах при переходе водяного пара в грунтовой атмосфере в жидкое состояние;
- воды, погребенные осадками в поверхностных водоемах.

Практически невозможно установить генезис подземной воды по ее характеристикам, да в этом и нет особой необходимости, гораздо более важным является состояние воды в почвах и грунтах. Вода, которая удерживается молекулярными силами почти не участвует в процессах, обеспечивающих жизнедеятельность организмов, в частности, растения не могут с помощью своей корневой системы использовать эту воду. Для этих целей пригодна капиллярная и гравитационная вода. К последней относят подземную воду, которая перемещается в недрах земной коры под действием гравитации Земли. Подземные воды имеют различную температуру, в основном она, как правило, отвечает температуре вмещающих пород, но глубинные подземные воды, находящиеся вблизи магматических очагов, являются

источником горячих вод. В России они открыты на Камчатке, Северном Кавказе; температура достигает 70-95°C. Фонтанирующие горячие источники называют гейзерами. В долине гейзеров на Камчатке открыто их более 20, среди них такой как "Великан", дающий фонтан высотой 30 м. Гейзеры распространены в Исландии, Новой Зеландии, США.

При фильтрации подземных вод сквозь различные горные породы, обладающие различным минеральным и химическим составом, они естественным образом пополняют себя растворенными веществами. Так постепенно формируются минеральные воды, которые иногда бывают насыщены диоксидом углерода, сероводородом. Некоторые из этих вод имеют лечебное и курортное значение.

**Поверхностные воды суши. Реки.** в целом на поверхности земной суши воды движутся в различных формах: реки, ручьи, родники, временные водотоки, в последнее время серьезное значение стали иметь водотоки (каналы), созданные человеком.

Реки и ручьи - это постоянные водотоки, расположенные в естественных понижениях рельефа. Размеры рек весьма различны от огромных: р.Амазонка, до рек, которые известны практически каждому человеку по тому, что их можно перешагнуть. Многоводность самой полноводной реки мира Амазонки - 3160 км<sup>3</sup> в год - объясняется огромной площадью бассейна - около 7 млн км<sup>2</sup> - и обилием осадков - более 2000 мм в год. У Амазонки 17 притоков так называемого первого порядка, каждый из которых по многоводности равен реке Волге.

Ручьи - это еще более мелкие естественные водотоки шириной не более 0,5-1,0 м. Реки формируют на определенной территории речную сеть из основного русла и притоков. Реки получают питание с определенной территории и которая называется ее бассейном. Постоянными источниками питания рек являются подземные воды, талые воды снега и ледников, дождевые осадки. В зависимости от условий питания у рек формируется режим реки; по уровню воды выделяют периоды самой высокой и низкой воды. Они получили названия половодье, паводок и межень. Реки совершают колоссальную эрозионную и аккумуляционную работу: реки размывают горные породы, формируют русла, а полученный материал переносят и откладывают в виде аллювиальных (речных) отложений, создавая пойму и аккумулятивные террасы у коренных берегов. Различают молодые и старые реки; у последних, как правило, широкие разработанные долины с брошенными старыми извилистыми руслами (старицами), большим числом террас и широкими поймами; молодые реки часто имеют пороги и водопады (участки, где вода падает с высоких уступов). Один из самых крупных водопадов мира - Виктория на р.Замбези - падает с высоты 120 м при ширине 1800 м; Ниагарский водопад - высота 51 м, ширина потока 1237 м. Многие горные водопады еще выше. Самый высокий из них - Анхель на р.Ориноко - высотой 1054 м.

**Озера и болота.** Кроме водотоков, где вода движется от более высоких отметок к более низким на суше есть постоянные водоемы в естественных понижениях рельефа. На территории нашей страны находится часть самого большого озера в мире - Каспийское море и самое глубокое - озеро Байкал. Озера образовались различными путями: от вулканических кратеров, до тектонических прогибов и карстовых провалов; иногда возникают запрудные озера при обвалах и селях в горах. Большое количество озер, которые находятся в Финляндии, Швеции, Карелии (Россия), Канаде сформировались при наступлении и отступлении ледников в периоды оледенений. Большинство озер заполнены пресной водой, но есть и соленые, например, Каспийское, Аральское и некоторые другие. Пресные имеют соленость менее 1 ‰, солоноватые - более 1 ‰, соленые - более 24,7 ‰.

Озера развиваются в зависимости от окружающих условий. Реки, временные водные потоки приносят в озера огромное количество неорганических и органических веществ, которые отлагаются на их дне. Появляется растительность, остатки которой также скапливаются, заполняя озерные котловины и дают начало образования болот. (рис. ).

**Болота** - это избыточно увлажненные участки суши, покрытые влаголюбивой растительностью. Заболачивание в лесной полосе нередко возникает в результате сведения лесов. Тундра является зоной, где многолетняя мерзлота не позволяет проникать воде в толщу грунтов и постепенное ее накопление ведет к образованию болот.

По условиям питания и местонахождению болота подразделяются на низинные и верховые. (рис. ). Первые получают питание за счет атмосферных осадков, подземных и поверхностных вод. Большое количество минеральных компонентов, поступающих с подземными водами способствует активному развитию растительности и большой ее продуктивности. При определенных условиях низинные болота

превращаются в так называемые верховые. В этих болотах осуществляется торфообразование - весьма сложный геохимический процесс минералообразования и осадконакопления. Накопление торфа с одной стороны как наращивает запасы плодородия в земных недрах за счет увеличения объема гумуса, а также способствует консервации избыточного углерода, но, с другой стороны существенно обедняет минеральную составляющую, питающую растения на болоте. Происходит замена на менее требовательные растения, например, сфагновые мхи, выделяющие органические кислоты, которые замедляют торфообразование. Вода уже не попадает в зоны развития сфагновых мхов и процесс разрушения растительности постепенно все более развивается.

Уделенное значительное внимание болотам, связано с тем, что они занимают обширные пространства на территории нашей страны и представляют зачастую начала - истоки значительных поверхностных водотоков. Но дело не только в этом, в последнее время практически установлен факт определяющего влияния болота на существование леса, т.е. существует глубокая связь между оптимальными условиями развития лесных экосистем и существующими в них болотами, да и многими небольшими озерами.

Вода имеет первостепенное значение для функционирования живых организмов. Это основная среда биохимических реакций, в конечном счете абсолютно необходимая составная часть протоплазмы. Питательные вещества переносятся внутри живых организмов в виде водных растворов, а также вода транспортирует и выносит из организмов продукты диссимиляции (И.А.Шилов, 1999). Относительное содержание воды в живых организмах колеблется в пределах от 50 до 95% (95% воды содержится в теле медуз, а в тканях многих моллюсков до 92%). От количества воды и растворенных солей зависит внутриклеточный и межклеточный обмен, а у гидробионтов - осмотические взаимоотношения с окружающей средой. Большинство наземных животных могут совершать газовый обмен со средой только при наличии влажных поверхностей; влага также при своем испарении способствует формированию теплового баланса между меняющимися температурными параметрами среды и теплотой организмов.

В.И.Шилов (1999) так описывает водный обмен между организмами и средой: этот обмен складывается из двух противоположных процессов, один из которых поступление воды в организм, а другой - отдача ее во внешнюю среду. У высших растений этот процесс представляет собой "насосывание" воды из почвы корневой системой, проведением ее (вместе с растворенными веществами) к отдельным органам и клеткам и выведением в процессе транспирации. Из всего объема 5% воды используется для фотосинтеза, а остальное для поддержания тургора (внутреннего гидростатического давления в живых клетках, вызывающего напряжение клеточной оболочки).

Животные получают воду, главным образом, при питье и этот путь для большинства из них, даже для водных является не только необходимым, но и единственным. Выведение воды происходит с мочой и экскрементами, а также путем испарения. Отдельные организмы, обитающие в водной среде, способны получать и отдавать воду через свои покровы, либо через специализированные участки тканей, проницаемые для воды. Это имеет отношение и к наземным обитателям: для многих растений, беспозвоночных животных, амфибий характерно получение воды из таких источников, как роса, туман, дождь.

Для животных одним из источников воды является пища; при этом значение ее в водном обмене не исчерпывается содержанием воды в тканях кормовых объектов. Усиленное питание сопровождается накоплением в организме жировых резервов, которые имеют двойное значение, как энергетический резерв, так и внутренний источник поступления воды в клетки и ткани. Водный обмен непосредственно связан с обменом солей. Определенный набор солей (ионов) представляет собой необходимое условие для осуществления функций организма в нормальном режиме, так как соли являются частью состава тканей и играют определенную роль в обменных механизмах клеток. Если возникают нарушения в количестве поступающей воды и соответственно необходимых солей, то нарушается полное равновесие и происходят сдвиги осмотических процессов.

Для всех живых организмов важнейшим является поддержание устойчивого водосолевого обмена как главного фактора осуществления их жизненных функций.

**Глава 4. Атмосфера. Воздушная оболочка Земли.**

Воздушная оболочка нашей планеты - атмосфера - защищает земную поверхность от губительного воздействия на живые организмы ультрафиолетового излучения Солнца и других жестких космических сил. Предохраняет она Землю и от метеоритов и космической пыли. Атмосфера служит также как "одежда", не позволяющая осуществляться потерям тепла, излучаемого Землей в пространство. Атмосферный воздух - это источник дыхания человека, животных и растительности, сырье для процессов горения и разложения, синтеза химических веществ; он является материалом, применяемым для охлаждения различных промышленных и транспортных установок, а также средой, в которую выбрасываются отходы жизнедеятельности человека, высших и низших животных и растений, отходы производства и потребления.

Взаимодействие атмосферного воздуха с водой и почвой влечет за собой определенные изменения в биосфере как в целом, так и в отдельных ее составляющих, усиливая и ускоряя нежелательные изменения состава и структуры атмосферного воздуха, климата Земли.

Известно, что без пищи человек может прожить около 5 недель, без воды - около 5 суток, а без воздуха не проживет и 5 минут. Потребность человека в чистом воздухе (под "чистым" понимается воздух пригодный для дыхания и без негативных последствий для человеческого организма) составляет от 5 до 100 л/мин или 12-15 кг/сут. Из этого ясно, как велика значимость атмосферы в решении экологических проблем.

Человечество обитает на дне Великого воздушного океана, который является оболочкой непрерывно, полностью окружающей земной шар. Наиболее изученный участок атмосферы, простирается от уровня моря до высоты 100 км. В целом атмосфера делится на несколько сфер: тропосфера, стратосфера, мезосфера, ионосфера (термосфера), экзосфера. Границы между сферами называют паузами (рис. ). По химическому составу атмосфера Земли подразделяется на нижнюю (до 100 км) - гомосферу, имеющую состав, сходный с приземным воздухом, и верхнюю - гетеросферу, неоднородного химического состава. В атмосфере кроме газов присутствуют различные аэрозоли - пылеватые или водяные частицы, находящиеся во взвешенном состоянии в газообразной среде. Они имеют как естественное, так и техногенное происхождение.

**Тропосфера** - это приземная нижняя часть атмосферы, т.е. зона, где собственно, и обитает большинство живых организмов, да и человек. В этой сфере сосредоточено более 80% массы всей атмосферы. Ее мощность (высота на земной поверхности) определяется интенсивностью вертикальных (восходящих и нисходящих) потоков воздуха, вызванных нагреванием земной поверхности. Вследствие этого на экваторе простирается до высоты 16-18 км, в средних (умеренных) широтах - до 10-11 км, а на полюсах - до 8 км. Отмечено закономерное понижение температуры воздуха с высотой - в среднем на 0,6°C на каждые 100 м.

В тропосфере находится большая часть космической и антропогенной пыли, водяного пара, азота, кислорода и инертных газов. Она практически прозрачна для проходящей через нее коротковолновой солнечной радиации. Вместе с тем содержащиеся в ней пары воды, озон и углекислый газ достаточно сильно поглощают тепловое (длинноволновое) излучение нашей планеты в результате чего происходит некоторое нагревание тропосферы. Это приводит к вертикальному перемещению потоков воздуха, конденсация водяного пара, образование облаков и выпадение осадков.

**Стратосфера** - располагается выше тропосферы до высоты 50-55 км. Температура у ее верхней границы растет в связи и с наличием озона.

**Мезосфера** - верхняя граница этого слоя фиксируется на высотах около 80 км. Главная ее особенность - резкое понижение температуры (минус 75°-90°C) у верхней границы. Здесь наблюдаются, так называемые серебристые облака, состоящие из ледяных кристаллов.

**Ионосфера (термосфера)** - располагается до высоты 800 км, и для нее характерно значительное повышение температуры (более 1000°C). Под действием ультрафиолетового излучения Солнца газы атмосферы находятся в концентрированном состоянии. С этим состоянием связано возникновение полярного сияния как свечения газов. Ионосфера обладает способностью многократного отражения радиоволн, что обеспечивает дальнюю радиосвязь на Земле.

**Экзосфера** - распространяется от высоты 800 км до высот в 2000-3000 км. В этом диапазоне высот температуры растут до 2000°C. Весьма важным является тот факт, что скорость движения газов

приближается к критической величине 11,2 км/с. В составе преобладают атомы водорода и гелия, которые формируют вокруг нашей планеты, так называемую корону, простирающуюся до высот 20 тыс. км.

Как видно из сказанного температура в атмосфере меняется весьма сложным образом (см.рис. ). В паузах температура имеет максимальное или минимальное значение. Чем больше высота подъема над земной поверхностью, тем меньше атмосферное давление. Вследствие большой сжимаемости атмосферы ее давление уменьшается от среднего значения 760 мм рт.ст. (101325 Па) на уровне моря до  $2,3 \times 10^{-3}$  мм рт.ст. (0,305 Па) на высоте 100 км и лишь до  $1 \times 10^{-6}$  мм рт.ст. ( $1,3 \times 10^{-4}$  Па) на высоте 200 км.

Условия жизни на поверхности Земли в части атмосферного ее "обеспечения" резко отличаются на больших высотах, т.е. на высотах стратосферы большинство жизненных форм Земли существовать без средств защиты не может.

Состав атмосферы не является постоянным по высоте и изменяется в довольно широких пределах. Основные причины этого: сила земного притяжения, диффузионное перемешивание, действие космических и солнечных лучей и испускаемых ими частиц высокой энергии.

Под влиянием земного притяжения более тяжелые атомы и молекулы опускаются в нижнюю часть атмосферы, а в ее верхней части остаются более легкие. В таблице приведен состав сухого воздуха вблизи уровня моря, а на рис показано изменение средней молекулярной массы атмосферы в зависимости от высоты над поверхностью Земли.

Таблица

Компонент	Содержание мольной доли	Молекулярная масса
Азот N <sub>2</sub>	0,78084	28,013
Кислород O <sub>2</sub>	0,20948	31,998
Аргон Ar	0,00934	29,948
Диоксид углерода CO <sub>2</sub>	0,00033	44,0099
Неон Ne	0,00001818	20,183
Гелий He	0,00000524	4,003
Метан CH <sub>4</sub>	0,000002	16,043
Криптон Kr	0,00000114	83,80
Водород H <sub>2</sub>	0,0000006	2,0159
Оксид азота N <sub>2</sub> O	0,0000005	44,0128
Ксенон Xe	0,000000087	131,30

Примечания: 1) Озон O<sub>3</sub>, диоксид серы SO<sub>2</sub>, диоксид азота NO<sub>2</sub>, аммиак NH<sub>3</sub> и монооксид CO присутствуют в виде загрязняющих примесей в вследствие этого их содержание может меняться в существенных пределах.

2) Под мольной долей понимается отношение числа молей конкретного компонента в рассматриваемом образце воздуха к суммарному числу молей всех компонентов в данном образце. В общем очень осредненном виде механическая смесь газов атмосферы представлена в среднем 78% ее объема составляет азот; 21% - кислород и менее 1% - гелий, аргон, криптон и вышеуказанные другие компоненты.

Средняя молекулярная масса такого воздуха составляет 28,96 а.е.м и остается почти без изменения вплоть до высоты 90 км. На больших высотах молекулярная масса резко уменьшается и на высотах от 500 км и выше гелий становится важнейшим компонентом атмосферы, хотя его содержание в ней на уровне моря чрезвычайно мало. Главнейшими компонентами воздуха (на 99% от всего состава) являются двухатомные газы кислород O<sub>2</sub> и азот N<sub>2</sub>.

Кислород самый необходимый атмосферный элемент для функционирования биосферы. Если в атмосфере его до 23% по массе, то в воде - около 89%, а в человеческом организме - почти 65%. Суммарно во всех геосферах: атмосфере, гидросфере и в доступной части литосферы на долю кислорода приходится 50% общей массы воздуха. Но в свободном состоянии кислород сосредоточен в атмосфере, где его количество оценивается в  $1,5 \times 10^{15}$  г. В природе постоянно протекают процессы потребления и выделения кислорода. Потребление кислорода происходит при дыхании человека и животных, при различных окислительных процессах, таких как горение, коррозия металлов, тление органических

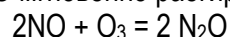
остатков. В результате этого кислород переходит из свободного состояния в связанное. Однако его количество остается практически неизменным главным образом за счет жизнедеятельности растений. Считается, что в восстановлении кислорода главную роль играет фитопланктон океанов и наземные растения. Выравниванию содержания кислорода в приземном слое атмосферы способствует - диффузия.

Кислород существует в атмосфере в виде аллотропных модификаций -  $O_2$  и  $O_3$  (озон).  $O_2$  во всех состояниях (газообразном, жидком и твердом) парамагнитен и имеет очень высокую энергию диссоциации - 496 кДж/моль. В газообразном состоянии  $O_2$  бесцветный, в жидком и твердом имеет светло-голубую окраску. Химически очень активен, образует соединения со всеми элементами, кроме гелия и неона.

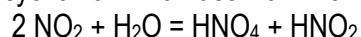
Озон  $O_3$  - газ, образуется из  $O_2$  в спокойном электрическом разряде в концентрации до 10%, диамагнитен имеет темно-голубой (синий) цвет. Следы  $O_3$  появляются под действием ультрафиолетового (УФ) излучения из  $O_2$  в верхних слоях атмосферы. Максимальная концентрация  $O_3$  в верхних слоях атмосферы. Максимальная концентрация  $O_3$  на высотах 25-45 км, которая и формирует всем известный озоновый экран (слой).

Другой, весьма важный и постоянный компонент воздуха - азот, масса которого составляет 75,5% ( $4 \times 10^{15}$ г). Он входит в состав белков и азотистых соединений, которые являются основой всего живого на нашей планете.

Азот  $N_2$  - бесцветный химически неактивный газ. Энергия диссоциации  $N_2 = 2 N$  почти в 2 раза больше, чем у  $O_2$ , и составляет 944,7 кДж/моль. Высокая прочность связи  $N \equiv N$  обуславливает его низкую реакционную способность. Однако, несмотря на это, азот образует множество различных соединений, в том числе и с кислородом. Так,  $N_2O$  - оксид азота относительно инертный, но при нагревании разлагается на  $N_2$  и  $O_2$ . Моноксид азота - NO мгновенно реагирует с кислородом по реакции:



Молекула NO - парамагнитна. Электрон  $\pi$ -орбитали легко отщепляется с образованием нитрозоний - катиона  $NO^+$ , связь в котором упрочняется. Диоксид азота  $NO_2$  очень токсичен, при взаимодействии с водой которого образуется сильная азотная кислота



В естественных условиях образование рассмотренных нами оксидов азота происходит при грозовых разрядах и в результате деятельности азотфиксирующих и разлагающих белок бактерий.

Применение азотных удобрений (нитратов, аммиака) приводит к увеличению в атмосфере количества оксидов азота бактериального происхождения. Доля природных процессов в образовании оксидов азота оценивается в 50%.

Большое влияние на состав атмосферы, особенно в верхних слоях (выше тропосферы), оказывает реакция, в виде космического и солнечного излучения и испускаемых частиц высоких энергий.

Солнце пропускает лучистую энергию - поток фотонов - самых разнообразных длин волн. Энергия (E) каждого фотона определяется соотношением:

$$E = h\nu$$

где:  $h$  - постоянная Планка;

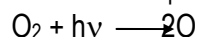
$\nu$  - частота излучения;  $\nu = 1 / \lambda$ , где

$\lambda$  - длина волны.

Иными словами, чем меньше длина волны, тем больше частота излучения и соответственно больше энергия. При столкновении фотона с атомом или молекулой какого-либо вещества инициируются различные химические превращения, такие как диссоциация, ионизация и др.

Но для этого должны быть выполнены некоторые условия: первое - энергия фотонов должна быть не меньше, чем требуется для разрыва химической связи, удаления электрона и т.д.; второе - молекулы (атомы) должны поглощать эти фотоны.

Одним из наиболее важных процессов, происходящих в верхних слоях атмосферы, является фотодиссоциация молекул кислорода в результате поглощения фотона:

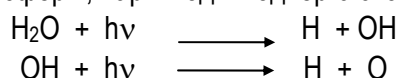


Зная энергию диссоциации связи в молекуле кислорода (495 кДж/моль) можно вычислить максимальную длину волны фотона, вызывающего превращение. Такой длиной волны оказывается 242 нм, что означает, что все фотоны с такой и меньшей длиной волны будут обладать энергией, которая достаточна для протекания вышеуказанной реакции.

Молекулы кислорода, кроме того, способны поглощать из солнечного спектра большой диапазон коротковолнового излучения с высокой энергией. Кислородный состав атмосферы (рис. ) свидетельствует о том, насколько интенсивно происходит фотодиссоциация кислорода на больших высотах, на высоте 400 км диссоциированы 99% кислорода, на долю же собственно O<sub>2</sub> приходится соответственно всего 1%. На высоте 130 км содержание O<sub>2</sub> и O приблизительно одинаково, на меньших высотах содержание O<sub>2</sub> существенно превышает содержание O.

Вследствие большой энергии связи молекулы N<sub>2</sub> (944 кДж/моль) фотоны лишь с очень малой длиной волны обладают достаточной энергией, чтобы вызвать диссоциацию этой молекулы. Кроме этого, N<sub>2</sub> плохо поглощает фотоны, даже если они и обладают вполне достаточной энергией. В результате же фотодиссоциация N<sub>2</sub> в верхних слоях атмосферы протекает весьма незначительно и атмосферного азота образуется весьма мало.

Парообразная вода содержится, главным образом, вблизи поверхности Земли и уже на высоте 30 км ее содержание составляет 3 млн<sup>-1\*</sup>, а на еще больших высотах содержание водяных паров еще меньше. Значит количество воды, перемещающееся в верхние слои атмосферы, весьма невелико. Оказавшись же в верхних слоях атмосферы, пары воды подвергаются фотодиссоциации:



По данным ряда специалистов на ранних стадиях развития Земли, когда кислородная атмосфера еще не была сформирована, то именно фотодиссоциация во-многом способствовала ее образованию.

В результате воздействия солнечного излучения на молекулы вещества в атмосфере образуются свободные электроны и положительные ионы. Такие процессы носят название фотоионизации. Для их протекания также необходимо выполнение указанных выше условий. В таблице указаны некоторые из наиболее важных процессов фотоионизации, протекающих в верхних слоях атмосферы. Как следует из этой таблицы, фотоны, вызывающие фотоионизацию, относятся к коротковолновой (высоко частотной) части ультрафиолетового

Таблица

Процессы фотоионизации, энергия ионизации, максимальные длины волн фотонов, способных вызвать ионизацию

Процесс	Энергия ионизации кДж/моль	$\lambda_{\text{max}}$ , нм
$\text{N}_2 + h\nu \longrightarrow \text{N}_2^+ + e$	1495	80,1
$\text{O}_2 + h\nu \longrightarrow \text{O}_2^+ + e$	1205	99,3
$\text{O} + h\nu \longrightarrow \text{O}^+ + e$	1313	91,2
$\text{NO} + h\nu \longrightarrow \text{NO}^+ + e$	890	134,5

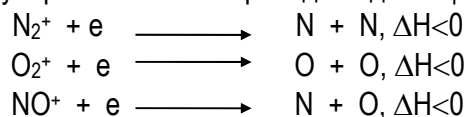
области спектра. Излучение этой части спектра не доходит до поверхности Земли, его поглощают верхние слои атмосферы.

Образующиеся молекулярные ионы обладают очень большой реакционной способностью. Без какой-либо дополнительной энергии они весьма быстро вступают в реакции при столкновении с разнообразными заряженными частицами и нейтральными молекулами.

\* Примечание: млн<sup>-1</sup> - концентрация в одну миллионную долю соответствует одной части (по объему) данного компонента на миллион частей смеси (атмосферы в данном случае), т.е. молекула данного компонента примесного вещества приходится, в среднем, на миллион молекул смеси.

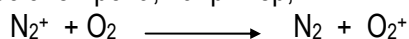


Одной из самых очевидных реакций является рекомбинация молекулярного иона с электроном - реакция, обратная фотоионизации. При этом высвобождается количество энергии, равное энергии ионизации нейтральной молекулы. И, если не существует способа, позволяющего отдать эту избыточную энергию, например, в результате столкновения с другой молекулой, то она вызывает диссоциацию вновь образующейся молекулы. В верхних слоях атмосферы вследствие очень низкой плотности вещества вероятность столкновения между молекулами и передачи энергии очень мала. Поэтому почти все акты рекомбинации электронов с молекулярными ионами приводят к диссоциации:



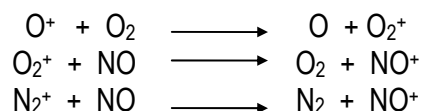
Атомарный азот, содержащийся в верхних слоях атмосферы, образуется главным образом в результате диссоциативной рекомбинации.

В том случае, когда молекулярный ион отталкивается с какой-либо нейтральной молекулой, между ними может произойти перенос электрона, например,



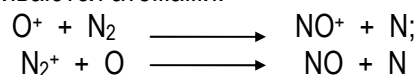
Такой тип реакции называется реакцией переноса заряда.

Для того, чтобы прошла такая реакция, энергия ионизации молекулы, теряющей электрон, должна быть меньше энергии ионизации молекулы, образующейся в результате переноса заряда. Как видно из таблицы энергия ионизации  $\text{O}_2$  меньше, чем у  $\text{N}_2$ , реакция переноса заряда является экзотермической, избыточная энергия выделяется в виде кинетической энергии образующихся продуктов. Согласно данным таблицы указанные ниже реакции также должны осуществляться и быть экзотермическими (т.е.  $\Delta H < 0$ ):



Поскольку молекула  $\text{N}_2$  имеет самую высокую энергию ионизации по сравнению со всеми частицами верхних слоев атмосферы, ион  $\text{N}_2^+$  способен вступать в реакции переноса с любой молекулой, которая сталкивается с ним. Скорость реакции переноса заряда является достаточно большой, поэтому хотя процесс фотоионизации приводит к интенсивному образованию ионов  $\text{N}_2^+$ , их концентрация в верхних слоях атмосферы очень мала.

Кроме вышеуказанных в верхних слоях атмосферы протекают реакции, в ходе которых взаимодействующие частицы обмениваются атомами:

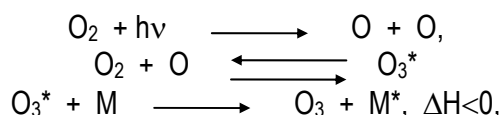


Эти реакции также являются экзотермическими и протекают весьма легко. Поскольку энергия ионизации  $\text{NO}$  ниже, чем у других частиц (см. табл. \_ образующиеся ионы  $\text{NO}^+$  не могут нейтрализоваться в результате реакции переноса заряда и единственной причиной гибели этого иона является реакция диссоциативной рекомбинации. Это является причиной самого широкого распространения иона  $\text{NO}^+$  в верхних слоях атмосферы.

Хотя на верхние слои атмосферы приходится достаточно небольшая часть всей ее массы, именно эта зона атмосферы вследствие протекающих в ней химических реакций играет значительную роль в формировании условий для протекания жизненных процессов на нашей планете. Именно верхние слои атмосферы играют роль передового "бастиона", защищающего поверхность Земли от губительного для всех живых организмов воздействия потока космических лучей и "града" частиц высоких энергий. Следует однако отметить, что молекулы  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{NO}$  не могут отфильтровать весь объем коротковолнового излучения, остатки которого "нейтрализуются" в атмосфере по мере приближения к земной поверхности.

**Озон, как фильтр коротковолнового излучения.** Химические процессы, происходящие в атмосфере, в слоях, которые расположены ниже 90 км, кроме фотодиссоциации  $\text{O}_2$ , существенным образом отличается от тех процессов, что наблюдаются на больших высотах. В мезо- и стратосфере, в отличие от более высоких слоев, концентрация  $\text{O}_2$  увеличивается, поэтому вероятность столкновения  $\text{O}_2$  с  $\text{O}$ , которое ведет к образованию  $\text{O}_3$ , резко возрастает.

Данный процесс описывается следующими уравнениями:



где M - O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>

Звездочка (\*) означает, что данная молекула содержит избыточную энергию, от которой ей необходимо избавиться и как можно быстрее, в противном случае возникнет обратная реакция. Молекула O<sub>3</sub>\* может отдать энергию при столкновении с молекулами O<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>. Однако большая часть молекул O<sub>3</sub>\* распадается на O<sub>2</sub> и O прежде, чем они подвергнутся стабилизирующему столкновению, т.е. равновесие процесса O<sub>2</sub> + O ⇌ O<sub>3</sub>\* сильно смещено влево.

Скорость образования озона зависит от противоположно действующих факторов. С одной стороны, она увеличивается с уменьшением высоты атмосферных слоев, так как увеличивается концентрация вещества атмосферы, а следовательно, и частоты стабилизирующих столкновений. С другой стороны, с уменьшением высоты скорость уменьшается, так как уменьшается количество атмосферного кислорода, образующегося по реакции O<sub>2</sub> + hν → 2O, вследствие уменьшения проникновения высокочастотной излучения. Поэтому максимальная концентрация озона порядка 10<sup>-3</sup>% по объему наблюдается на высоте от 40 до 25 км (см.рис. ).

Процесс образования озона экзотермический. Ультрафиолетовые излучения Солнца, поглощаемые кислородом - реакция O<sub>2</sub> + hν → 2O, превращаются в тепловую энергию по реакции O<sub>3</sub>\* + M → O<sub>3</sub> + M\*, ΔH < 0, что с большой степенью вероятности связано с повышением температуры в стратосфере, которая достигает максимума в стратоспаузе (см.рис. ).

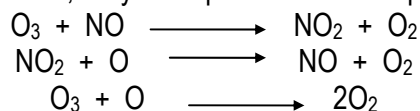
Образовавшиеся молекулы озона не слишком долговечны, озон сам способен поглощать солнечное излучение, в результате чего он разлагается:



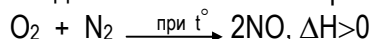
Для реализации этого процесса необходимо всего лишь 105 кДж/моль. Эту энергию могут поставлять фотоны в широком диапазоне длин волн до 1140 нм. Молекулы озона сильнее всего поглощают фотоны с длинами волн от 200 до 310 нм, что очень важно для живых организмов на Земле. Излучение в указанном интервале поглощается другими частицами не столь сильно, как озоном. Именно наличие слоя озона в стратосфере препятствует проникновению коротковолновых фотонов с большой энергией сквозь толщу атмосферы и достижению ими земной поверхности. Как известно, растения и животные не могут существовать при наличии такого излучения, поэтому "озоновый щит" играет важную роль в сохранении жизни на Земле.

Естественно, что "озоновый щит" не является абсолютно непреодолимым препятствием для ультрафиолетового излучения; примерно одна сотая его часть достигает поверхность Земли. При увеличении проникающего излучения возникают нарушения в генетических механизмах у некоторых живых организмов, а у человека активизируются различные кожные заболевания.

Озон - весьма химически активен и поэтому он вступает во взаимодействие не только с ультрафиолетовым излучением Солнца. Важную роль в озоновом цикле играют оксиды азота, повышающие скорость разложения озона, вступая в роли катализатора:

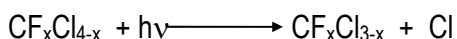


Значимое влияние на разрушение озона оказывают высокие температуры, возникающие, в частности, при эксплуатации некоторых видов летательных аппаратов, в том случае протекает реакция:



Достаточно дискуссионным является вопрос о воздействии хлорфторметанов (фреонов) на озон, но во всяком случае необходимо остановиться на возможных реакциях с участием этих соединений, озона, азота, атомарного кислорода и ультрафиолетового излучения в разных слоях атмосферы.

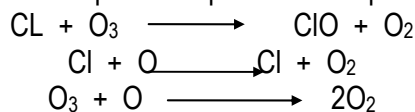
В верхних слоях атмосферы при наличии коротковолнового ультрафиолетового излучения происходит ряд реакций с хлорфторметанами, в частности, действие фотонов с длиной волны от 190 до 225 нм приводит к фотолизу хлорфторметанов с образованием нескольких десятков различных соединений и радикалов, например:



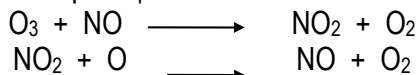
В принципе реакция на этом не заканчивается и возможно дальнейшее фотохимическое разложение образовавшегося  $CF_xCl_{3-x}$  и опять же с образованием свободного хлора.

Установлено, что хлор с максимальной скоростью образуется на высоте примерно в 30 км, а это как раз приходится на зону максимальных концентраций озона.

Формирующийся свободный атомарный хлор очень быстро вступает в реакцию с озоном:

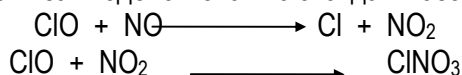


Последние две реакции, а также реакции:

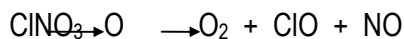


в целом приводят к исчезновению озона и атомарного кислорода и практически постоянному монооксиду азота и атомарного хлора.

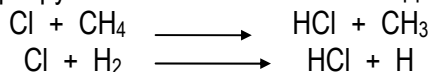
Монооксид хлора способен взаимодействовать с оксидами азота:



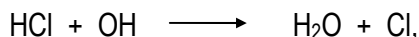
Хлорнитрат может рассматриваться под действием ультрафиолетового излучения или в реакции с атомарным кислородом:



Реакции с участием монооксида хлора имеют особое значение, так как эффективно выводят соединения азота и хлора из цикла разрушения озона. Аналогичное действие оказывает метан и водород:



Часть хлороводорода вступает в реакцию с гидроксидом, возвращающим хлор в атомарное состояние:



но основная доля  $HCl$  переносится в тропосферу, где сменяется с водяным паром или жидкой водой, превращаясь в соляную кислоту.

Рассмотренные выше реакции протекают в атмосфере за счет поступления в нее реагентов из природных и техногенных источников и этот процесс с различной концентрацией реагентов сопровождал всю историю образования и существования земной атмосферы. Дело в том, что даже хлорфторметаны могут образовываться и в природных условиях, поэтому главным является не вопрос о наличии реакций взаимодействия, аналогичных выше описанным, а интенсивности и объема вступающих в реакции, образующихся и разрушающихся компонентов атмосферы и, главным образом, тех из них, которые обеспечивают оптимальные условия для протекания жизненных процессов на нашей планете.

**Тепловой режим атмосферы и поверхностной зоны Земли.** Основным источником тепловой энергии поступающей к земной поверхности и одновременно нагревающей атмосферу естественно служит Солнце. Такие источники как Луна, звезды, другие планеты - поставляют ничтожное количество тепла. Достаточно ощутимым, но также не слишком большим источником являются разогретые недра Земли.

Известно, что Солнце излучает в мировое пространство колоссальную энергию в виде тепловых, световых, ультрафиолетовых и других лучей. Воздействие некоторых видов излучения на протекающие в атмосфере химические реакции и образование различных соединений уже рассмотрены выше.

В целом же вся совокупность лучистой энергии Солнца называется солнечной радиацией. Земля получает весьма малую ее долю - одну двухмиллиардную часть, но и этого объема достаточно для осуществления всех известных на Земле процессов, в том числе жизни.

Солнечную радиацию подразделяют на прямую, рассеянную и суммарную.

Воздействие на земную поверхность и ее нагревание при ясной, безоблачной погоде определяется как **прямая** радиация. Прямая радиация непосредственным образом через ультрафиолетовое излучение влияет, например на пигментацию кожи человека и животных и некоторых других явлений у живых организмов.

При прохождении солнечных лучей сквозь атмосферу они, встречая на своем пути различные молекулы, пыль, капли воды, отклоняются от прямолинейного пути, в результате чего происходит

рассеивание солнечной радиации. В зависимости от величины облачности, степени влажности воздуха, его запыленности степень рассеивания достигает 45%. Значение **рассеянной** радиации достаточно велико - она в целом определяет степень освещенности различных элементов рельефа, а также цвет неба.

**Суммарная** радиация соответственно складывается из прямой и рассеянной радиации.

Угол падения солнечных лучей на земную поверхность определяет интенсивность радиации, что в свою очередь влияет на температуру воздуха в течение суток.

Распределение солнечной радиации по поверхности Земли и нагревание атмосферного воздуха зависит от шарообразности планеты и наклона земной оси к плоскости орбиты. В экваториальных и тропических широтах Солнце в течение всего года находится высоко над горизонтом, в средних широтах его высота меняется в зависимости от времени года, а в антарктических и арктических областях Солнце никогда не поднимается высоко над горизонтом. Это в целом сказывается на степени рассеивания солнечной энергии в атмосфере и на единицу площади поверхности Земли в тропиках приходится большее количество солнечных лучей, чем в средних или высоких широтах. По этой причине количество радиации зависит от широты места: чем дальше от экватора, тем меньше ее поступает на земную поверхность.

Суточное и движение Земли также оказывает влияние на количество поступающей лучистой энергии. В средних и высоких широтах ее количество зависит от времени года. На Северном полюсе, как известно, Солнце не заходит за горизонт 6 месяцев (точнее 186 дней) и количество поступающей лучистой энергии больше, чем на экваторе. Однако солнечные лучи имеют малый угол падения и поэтому значительная часть солнечной радиации рассеивается в атмосфере. В связи с этим и поверхность Земли и собственно атмосфера нагревается незначительно. Зимой в арктических и антарктических Солнце не поднимается над горизонтом и поэтому солнечная радиация на земную поверхность не поступает совсем.

Значительное влияние на количество "воспринимаемой" земной поверхностью, включая и поверхность океанов, атмосферой оказывают особенности рельефа, его расчлененность, абсолютные и относительные высоты поверхности, "экспозиция" склонов (т.е. "обращенность" их к солнцу), даже наличие или отсутствие растительности и ее характер, а также "цвет" земной поверхности. Последнее определяется величиной **альбеда**, под которым в общем понимается количество света, отражающегося от единицы поверхности, а иногда альбеда определяется как величина отражающей способности тела или системы тел, обычно рассматриваемая как часть (в %). Энергия падающего света, отраженная от данной земной поверхности.

На величину отражающей способности земной поверхности влияет, например, наличие на ней снежного покрова, его чистота и т.п.

Совокупность всех этих факторов определяет факт того, что на поверхности Земли практически отсутствуют места, где величина и интенсивность солнечной радиации была бы одинаковой и не менялась бы во времени.

Нагревание суши и воды происходит, в силу отличий в теплоемкости "формирующих" их материалов, весьма неодинаково. Суша нагревается и охлаждается достаточно быстро. Водные массы в океанах и морях нагреваются медленно, но зато дольше удерживают тепло.

На суше солнечная радиация нагревает только поверхностный слой почвы и подстилающих пород, а в прозрачной воде тепло проникает на значительные глубины и процесс нагревания протекает медленнее. Значительное влияние оказывает испарение, так как на его реализацию расходуется большое количество поступающей тепловой энергии. Остывание воды протекает медленно в связи с тем, что объем прогреваемой воды существенно больше объема нагревающейся суши. Водные массы в силу изменения температур в верхних и нижних слоях находятся в состоянии непрерывного "перемешивания": остывшие верхние слои, как более плотные и тяжелые, опускаются вниз, а снизу навстречу им поднимается более теплая вода. Воды морей и океанов расходуют накопленное тепло более "экономично" и равномерно, чем поверхность суши. В результате море всегда в среднем теплее суши, а колебания температуры воды никогда не бывают такими резкими как колебания температуры суши.

**Температура атмосферного воздуха.** Воздух любое прозрачное тело при прохождении через него солнечных лучей нагревается весьма мало. Нагревание воздуха осуществляется за счет тепла от

нагретой земной или водной поверхности. Воздух с повышенной температурой и пониженной вследствие этого массой поднимается в более высокие холодные слои атмосферы, где и передает им свое тепло.

По мере подъема воздух охлаждается. Температура воздуха на высоте 10 км почти всегда постоянная и составляет около 45°C. Закономерное понижение температуры воздуха с высотой иногда нарушается так называемой температурной инверсией (температурной перестановкой). Инверсии возникают при резких понижениях или повышениях температур земной поверхности и прилегающего воздуха, что иногда представляет собой быстрое "стекание" холодного воздуха по горным склонам в долины.

Для атмосферного воздуха характерно суточное изменение температуры. Днем поверхность Земли нагревается и передает тепло окружающему воздуху, ночью процесс носит обратный характер. Наиболее низкие температуры наблюдается не ночью, а перед восходом солнца, когда земная поверхность уже отдала свое тепло, точно также наиболее высокие температуры воздуха устанавливаются после полудня с запозданием на 2-4 часа.

В различных географических зонах Земли суточный ход температур различен, на экваторе, на морях и у морских побережий амплитуда колебания температур воздуха очень малы, а в пустынях, например, днем поверхность Земли нагревается до температуры около 60°C, а ночью понижается почти до 0°C, т.е. суточный "ход" температур составляет 60°C.

В средних широтах наибольшее количество солнечной радиации поступает на Землю в дни солнцестояния (22 июня в северном полушарии и 21 декабря в южном). Однако самыми жаркими месяцами являются не июнь (декабрь), а июль (январь) вследствие того, что в июне (декабре) происходит собственно нагревание земной поверхности, на что расходуется значительная часть солнечной радиации, а в июле (декабре) потеря в поступающем количестве солнечной радиации не только компенсируется, но и превышает его в виде тепла от разогретой земной поверхности. Аналогичным образом можно объяснить почему самый холодный месяц не декабрь (июнь), а январь (июль). На море, в связи с тем, что вода более медленно охлаждается и нагревается, а самый жаркий месяц приходится на август (февраль), самый холодный - февраль (август).

Географическая широта места оказывает влияние на годовую амплитуду температур воздуха. В экваториальных частях температура практически постоянна в течение года и равняется в среднем 23°C. Самые высокие годовые амплитуды характерны для территорий, расположенных в средних широтах в глубинах континентов.

Для каждой местности характерны собственные абсолютные и средние значения температур воздуха. Абсолютные температуры устанавливаются на основе данных многолетних наблюдений на метеостанциях. К примеру, самое жаркое место на Земле располагается в Ливийской пустыне (+58°C), самое холодное - в Антарктиде (-89,2°C). В нашей стране самая низкая температура -70,2°C зафиксирована в Восточной Сибири (пос. Оймякон).

Средняя температура для данной местности рассчитывается сначала для суток по термометрическим определениям в 1 час, 7 час, 13 и 19 час, т.е. 4 раза в сутки; затем по среднесуточным данным рассчитываются среднемесячные и среднегодовые температуры.

Для практических целей выполняются карты изотерм, среди которых наиболее показательными являются изотермы января и июля, т.е. самого теплого и самого холодного месяцев.

**Вода в атмосфере.** В состав газов, формирующих атмосферу входит водяной пар, образующийся за счет испарения воды с поверхности океанов и континентов. Чем выше температура и больше емкость пара, тем сильнее испарение. На скорость испарения сказывается скорость ветра и рельеф местности на суше, а также, естественно, колебания температуры.

Способность отдачи определенного количества водяного пара с какой-либо поверхности при воздействии температуры, называется испаряемостью. На эту условную величину испаряемости оказывает влияние температура воздуха и количество водяного пара в нем. Минимальные значения зафиксированы для полярных стран и для экватора, а максимальная испаряемость отмечена для тропических пустынь.

Воздух может принимать водяной пар до известного предела, когда он становится насыщенным. При дальнейшем нагревании воздуха, он становится способным вновь принимать водяной пар, т.е. - ненасыщенным. При охлаждении ненасыщенного воздуха он переходит в насыщенное состояние. Налицо

зависимость между температурой и содержанием водяного пара, которое содержится в воздухе в данный момент (в г на 1м<sup>3</sup>), что называют абсолютной влажностью.

Отношение количества водяных паров, содержащихся в воздухе в данный момент к тому количеству, которое он может вместить при данной температуре, называется относительной влажностью и измеряется в процентах.

Момент перехода воздуха от ненасыщенного состояния к насыщенному называют точкой росы. Чем ниже температура воздуха, тем меньше он может содержать водяного пара и тем выше относительная влажность. Это означает, что при холодном воздухе быстрее наступает точка росы.

При наступлении точки росы, т.е. при полном насыщении воздуха водяным паром, когда относительная влажность приближается к 100%, происходит конденсация водяных паров, переход воды из газообразного состояния в жидкое.

Итак, процесс конденсации водяных паров происходит либо при сильном испарении влаги и насыщении воздуха водяным паром, либо при понижении температуры воздуха и относительной влажности. При отрицательных температурах водяной пар, минуя жидкое состояние, превращается в кристаллики льда и снега, т.е. переходит в твердое состояние. Этот процесс называется сублимацией водяных паров.

Конденсация и сублимация водяного пара - это процессы, которые являются источником атмосферных осадков. Одним из наиболее явных проявлений конденсации водяного пара в атмосфере является образование облаков, которые обыкновенно находятся на высотах от нескольких десятков и сотен метров до нескольких километров. Восходящий поток теплого воздуха с водяным паром поступает в слои атмосферы с условиями для образования облаков, состоящих из капелек воды или кристалликов льда и снега, что связано с температурой собственно облака. Кристаллы льда и снега, капли воды обладают столь малой массой, что позволяет им удерживаться в подвешенном состоянии даже за счет весьма слабых восходящих потоков воздуха.

Облака имеют разнообразную форму, которая зависит от многих факторов: высоты, скорости ветра, влажности и т.д. Наиболее известны кучевые, перистые и слоистые, а также их разновидности. Облака, перенасыщенные водяным паром, имеющие темно-фиолетовый или почти черный оттенок, называют тучами. Небо бывает в разной степени закрыто облаками и эта степень, выраженная в баллах (от 1 до 10) называется облачностью.

Облачность с высокой балльностью создает условия для выпадения осадков. **Атмосферные осадки** - это вода во всех видах твердой и жидкой фазы, которую получает земная поверхность в виде дождя, снега, града или сконденсировавшейся на поверхности различных тел росы. В целом атмосферные осадки являются одним из важнейших абиотических факторов, существенно влияющих на условия существования живых организмов. Кроме того, атмосферные осадки определяют миграцию и распространение различных, в том числе и загрязняющих веществ в окружающей среде. В общем круговороте влаги наиболее подвижны именно атмосферные осадки, т.к. объем влаги в атмосфере оборачивается в 40 раз в году.

Дождь образуется тогда, когда мельчайшие капельки влаги, содержащиеся в облаке, сливаются в более крупные и, преодолевая сопротивление восходящих теплых потоков воздуха, под действием гравитации выпадают на поверхность Земли. В воздухе, который содержит пылинки процесс конденсации идет гораздо быстрее, т.к. эти пылинки играют роль ядер конденсации. В пустынях, где относительная влажность весьма низка, конденсация водяного пара возможна только на значительных высотах, при низких температурах. Однако дождь на пустыню не выпадает, так как снежинки не успевают упасть на поверхность, а испаряются. Это явление называют сухими дождями. В случае конденсации водяного пара, что происходит при отрицательных температурах, осадки образуются в виде снега. При перемешивании снежинок с капельками воды образуются шарообразные снежные комочки диаметром 2-3 мм, которые выпадают в виде пурги. Для образования града необходимо, чтобы облако было значительных размеров и его нижняя часть была в зоне положительных температур, а верхняя - отрицательных. Образовавшиеся комочки пурги, поднимаясь вверх превращаются в льдинки шарообразной формы - градины. Размеры градин постепенно увеличиваются и выпадают на земную поверхность, преодолевая силы восходящих воздушных потоков, под действием гравитации. Градины бывают разными по размеру: от горошины до куриного яйца.

Такие осадки, как роса, иней, туман, изморозь, гололед, образуются не в верхних слоях атмосферы, а в приземном слое. В условиях понижения температуры у поверхности Земли воздух не всегда может удерживать водяной пар, который и выпадает на различных предметах в виде росы, а если эти предметы имеют отрицательную температуру, то в виде инея. При воздействии теплого воздуха на холодные предметы выпадает изморозь - налет рыхлых кристалликов льда и снега. При значительных концентрациях водяных паров в приземном слое атмосферы образуется туман. Образование ледяной корки на поверхности земли из выпадающих дождевых осадков носит название гололедицы, кстати под гололедом понимают, выпадающие и замерзающие по мере падения жидкие осадки.

Основными условиями возникновения различных видов осадков являются температура воздуха, циркуляция атмосферы, морские течения, рельеф и т.д. Существует зональность в распределении осадков по земной поверхности, выделяются следующие зоны:

- влажная экваториальная (примерно между 20° с.ш. и 20° ю.ш.): сюда входят бассейны р.Амазонки, Конго, побережье Гвинейского залива, Индо-Малайская область; здесь выпадает более 2000 мм, наибольшее количество осадков выпадает на о.Кауан (Гавайские острова) - 11684 мм и в Черапундже (южные склоны Гималаев) - 11633 мм; в этой зоне располагаются влажные экваториальные леса - один из самых богатых типов растительности на земном шаре (более 50000 видов);

- сухие зоны тропических поясов (между 20° и 40° с.ш. и ю.ш.) - здесь доминируют антициклонические условия с нисходящими потоками воздуха. Как правило, количество осадков менее 200-250 мм. Поэтому в этих зонах сосредоточены самые обширные пустыни земного шара (Сахара, Ливийская, пустыни Аравийского полуострова, Австралии и др.). Низшее в мире среднегодовое количество осадков (всего 0,8 мм) отмечено в пустыне Атакама (Южная Америка);

- влажные зоны умеренных широт (между 40° и 60° с.ш. и ю.ш.) - значительное количество атмосферных осадков (более 500 мм) обусловлено циклонической деятельностью воздушных масс; так, в лесной зоне Европы и Северной Америки годовая сумма осадков колеблется от 500 до 1000 мм, за Уралом - она уменьшается до 500 мм, а затем на Дальнем Востоке из-за муссонной деятельности вновь возрастает до 1000 мм;

- полярные области обоих полушарий характеризуются незначительным количеством осадков (в среднем до 200-250 мм); эти минимумы осадков связаны с низкими температурами воздуха, ничтожным испарением и антициклонической циркуляцией атмосферы. Здесь располагается арктические пустыни с крайне бедной растительностью (в основном мхи и лишайники).

В России наибольшее количество осадков выпадает на юго-западных склонах Большого Кавказа - около 4000 мм (гора Ачишко - 3682 мм. а наименьшее - в тундрах Северо-востока (около 250 мм) и в пустынях Прикаспия (менее 300 мм).

**Давление атмосферы.** Масса 1 м<sup>3</sup> воздуха на уровне моря при температуре +4°С составляет в среднем 1,3 кг, что обуславливает существование атмосферного давления. Человек, как и другие живые организмы не ощущают воздействия этого давления, так как обладают уравновешивающим внутренним давлением. Давление атмосферы на широте 45° на высоте равной уровню моря при температуре +4°С считается нормальным, оно соответствует 1013 гПа или 760 мм ртутного столба, или 1 атмосфере. Естественно, что атмосферное давление с высотой уменьшается, а в среднем это составляет 1 гПа на каждые 8 м высоты. Следует сказать, что величина давления изменяется в зависимости от плотности воздуха, которая в свою очередь зависит от температуры. На специальных картах изображаются линии с одинаковыми значениями давлений, это так называемые карты изобар. Выявлены следующие две закономерности:

- давление изменяется от экватора к полюсам зонально; на экваторе оно пониженное, в тропиках (особенно над океанами) - повышенное, в умеренных - переменное от сезона к сезону; в полярных повышенное;

- над материками зимой устанавливается повышенное, а летом - пониженное давление.

**Ветер.** Движение воздуха, обусловленное разницей в атмосферном давлении, называют ветром. Скорость ветра определяет его виды, например, при штиле скорость ветра равна нулю, а ветер со скоростью более 29 м/с называется ураганом. Наибольшая скорость ветра более 100 м/с зафиксирована в Антарктиде. Для практических целей при решении различных инженерных, экологических и других задач строят так называемые розы ветров (рис. ).

Выявлены некоторые общие закономерности направлений основных потоков воздуха в нижних слоях атмосферы:

- из тропических и субтропических областей повышенного давления основной поток воздуха движется к экватору в область постоянного низкого давления; при вращении Земли эти потоки ориентируются вправо в северном полушарии и влево - в южном; эти токи постоянных ветров называют пассатами;

- определенная часть тропического воздуха перемещается в умеренные широты; особенно активным этот процесс бывает летом, так как в умеренных широтах летом давление обычно пониженное. Эти потоки также сориентированы за счет вращения Земли, но носит оно медленный постепенный характер; в целом в умеренных широтах обоих полушарий преобладает западный перенос воздуха;

- из полярных областей высокого давления воздух перемещается в умеренные широты, принимая северо-восточное направление в северном полушарии и юго-восточное - в южном.

Кроме вышеописанных так называемых планетарных ветров, отмечены муссоны, ветры изменяющие свое направление по сезонам: зимой ветры дуют с суши на море, а летом - с моря на сушу. Эти ветры также имеют отклонения в своих направлениях в связи с вращением Земли. Муссонные ветры особенно характерны для Дальнего Востока и Восточного Китая.

Кроме планетарных ветров и муссонов имеются локальные или местные ветры: бризы - береговые ветры; фены - теплые сухие ветры горных склонов; суховеи - сухие и очень горячие ветры пустынь и полупустынь; бора (сарма, чипук, мистраль) - плотные холодные ветры с горных преград.

Ветер является важным абиотическим фактором существенным образом формирующим условия жизни организмов, а также сказывающимся на формировании погоды и климата. Кроме всего прочего ветер является одним из очень перспективных альтернативных источников энергии.

**Погода** - это состояние нижнего слоя атмосферы в данное время и в данном месте. Самой характерной особенностью погоды является ее изменчивость, а точнее непрерывное изменение. Это чаще всего и наиболее ярко проявляется при смене воздушных масс. Воздушная масса - это огромный движущийся объем воздуха с определенной температурой, плотностью, влажностью, прозрачностью и т.д.

В зависимости от места формирования выделяют: арктические, умеренные, тропические и экваториальные воздушные массы. Место формирования и его длительность сказывается на приобретаемых находящихся над ними свойствах воздушных масс. К примеру, на влажность и температуру воздушных масс влияет факт их формирования над континентом или океаном, зимой или летом.

Россия расположена в умеренном поясе, поэтому на ее западе преобладают морские умеренные воздушные массы, а над большей частью остальной территории - континентальные; за Полярным кругом формируются арктические воздушные массы.

Встречи различных воздушных масс в тропосфере создают переходные области - атмосферные фронты - протяженностью до 1000 км и мощностью в несколько сотен метров. Теплый фронт образуется при наступлении теплого воздуха на холодный, а холодный при обратном направлении движения воздушной массы (см. рис. ).

На фронтах образуются при определенных условиях мощные вихри с диаметрами до 3 тыс. км. При пониженном давлении в центре такого вихря он носит название циклона, при повышенном - антициклона (рис. ). Циклоны обычно движутся с запада на восток со скоростью до 700 км/сут. Разновидностью циклонических вихрей являются меньшие по размерам, но очень бурные по погоде, тропические циклоны. Давление в их центре падает до 960 гПа, а сопровождающие их ветры несут ураганный характер (до 50 м/с) с шириной штормового фронта до 250 км.

**Климат** - это многолетний режим погоды, характерный для данной местности. Климат является одним из важных долговременных абиотических факторов; он оказывает влияние на режим рек, образование различных типов почв, виды растительных и животных сообществ. В областях Земли где поверхность получает в избытке тепло и влагу широко распространены влажные вечнозеленые леса с огромной биопродуктивностью. Области, расположенные около тропиков тепла получают достаточно, но влаги значительно меньше, что приводит к образованию полупустынных форм растительности. В умеренных широтах есть свои особенности, связанные с устойчивым приспособлением растительности к достаточно сложным климатическим условиям. На формирование климата главное влияние оказывает



географическое положение местности, в частности, над водной поверхностью и над сушей формируются различные режимы погоды. С удалением от океана повышается средняя температура самого теплого месяца и понижается самого холодного, т.е. растет амплитуда годовых температур, так, например, в Нерчинске она достигает 53,2°C, а в Ирландии на побережье Атлантики - всего лишь 8,1°C.

Горы, холмы, котловины очень часто являются зонами особого климата, а горные цепи - климаторазделами.

Влияют на климат морские течения, достаточно упомянуть о влиянии Гольфстрима на климат Европы. По данным Б.П.Алисова по преобладающему климату выделяются:

- экваториальный пояс, охватывающий бассейны р.Конго и р.Амазонка, побережье Гвинейского залива, Зондские острова; среднегодовая температура в диапазоне от 25 до 28°C, максимальная температура не превышает +30°C, но относительная влажность 70-90%; количество осадков превышает 2000 мм, а в отдельных местностях до 5000 мм; распределение осадков в течение года носит равномерный характер;

- субэкваториальный пояс, занимающий Бразильское нагорье, Центральную Америку, большую часть Индостана и Индокитая, северную часть Австралии; самой характерной особенностью является сезонная смена воздушных масс: выделяют влажный (летний) и сухой (зимний) сезоны; именно в этом поясе на северо-востоке Индостана и на Гавайских островах расположены самые "мокрые" места на Земле, здесь выпадает больше всего осадков;

- тропический пояс, размещающийся по обе стороны от тропиков как на океанах, так и на материках; средняя температура значительно превышает +30°C (отмечено +55°C); осадков выпадает мало (менее 200 мм); здесь расположены самые крупные пустыни мира - Сахара, Западно-Австралийская, Аравийская, но в то же время в зонах пассатов выпадает много осадков - Большие Антильские острова, восточные побережья Бразилии и Африки;

- субтропический пояс, занимающий большие пространства между 25 и 40 параллелями северной и южной широты; для этого пояса характерна сезонная смена воздушных масс: летом вся область занята тропическим воздухом, зимой - воздухом умеренных широт; выделены три климатических района - западный, центральный и восточный; к западному климатическому району относят побережье Средиземного моря, Калифорнию, центральные Анды, юго-западную Австралию - климат здесь носит название средиземноморского (погода летом сухая и солнечная, а зимой - теплая, влажная); в Восточной Азии и на юго-востоке Северной Америки климат устанавливается под влиянием муссонов, температура самого холодного месяца всегда больше 0°C; в Восточной Турции, Иране, Афганистане, Большом бассейне Северной Америки весь год преобладает сухой воздух: летом - тропический, зимой - континентальный, количество осадков не превышает 400 мм; зимой температура бывает ниже 0°C, но без снежного покрова, суточные амплитуды величин до 30°C, большая разница в температурах в течение года; здесь в центральных областях материков расположены пустыни;

- умеренный пояс, располагающийся к северу и к югу от субтропиков примерно до полярных кругов; в южном полушарии преобладает океанический климат, а в северном выделяют три климатических района: западный, центральный и восточный; на западе Европы и Канады, юге Анд преобладает влажный морской воздух умеренных широт (500-1000 мм осадков в год); осадки выпадают равномерно, годовые колебания температур невелики; лето - длинное, теплое; зима - мягкая, иногда с обильными снегопадами; на востоке (Дальний Восток, северо-восток Китая) климат муссонный: летом влажность и количество осадков значительны за счет океанского муссонного привноса; зимой за счет влияния континентальных масс холодного воздуха температуры опускаются более чем на -30°C; в центре (средняя полоса России, Украина, север Казахстана, юг Канады) формируется климат умеренного типа, хотя название это достаточно условно, т.к. нередко зимой сюда поступает арктический воздух с очень низкими температурами; зима длинная, морозная; снежный покров удерживается свыше трех месяцев; лето дождливое, теплое; количество осадков по мере продвижения в глубь континента уменьшается (с 700 до 200 мм); самая характерная особенность климата этого района - резкие перепады температур в течение года, неравномерное распределение осадков, что иногда вызывает засухи;

- субарктический (субантарктический) пояс; эти переходные пояса расположены к северу от умеренного пояса в северном полушарии и к югу от него в южном полушарии; для них характерна смена воздушных масс по сезонам: летом - воздух умеренных широт, зимой - арктический (антарктический); лето

короткое, прохладное, со средней температурой самого теплого месяца от 12°C до 0°C с небольшим количеством осадков (в среднем 200 мм); зима длинная, морозная с большим количеством снега; в северном полушарии в этих широтах расположена зона тундры;

- арктический (антарктический) пояс является источником образования холодных масс воздуха в условиях повышенного давления; для этого пояса характерны длинные полярные ночи и полярные дни; их продолжительность на полюсах доходит до шести месяцев; пониженный фон температур поддерживает постоянный ледяной покров, который в виде мощного слоя лежит в Антарктиде и Гренландии, а ледяные горы - айсберги и ледяные поля плавают в приполярных морях; здесь зафиксированы абсолютные минимумы температур и самые сильные ветры.

Богатейшее разнообразие форм рельефа, реки, моря и озера создают условия для образования микроклимата местности, который также имеет важное значение для формирования среды жизнедеятельности.

Атмосфера Земли, ее воздушная оболочка как среда жизни обладает особенностями, вытекающими из общих описанных выше характеристик и направляющих главные пути эволюции обитателей этой среды. Так, достаточно высокое содержание кислорода (до 21% в атмосферном воздухе и несколько меньше в дыхательной системе животных) определяет возможность формирования высокого уровня энергетического метаболизма. Именно в этих основных условиях атмосферной среды возникли гомойотермные животные, отличающиеся высоким уровнем энергетики организма, большой степенью автономности от внешних воздействий и высокой биологической активностью в экосистемах. С другой стороны, атмосферный воздух отличается низкой и изменчивой влажностью. Это обстоятельство во многом лимитировало возможности освоения воздушной среды, а у обитателей ее направляло эволюцию фундаментальных свойств системы водно-солевого обмена и структуру органов дыхания.

Одной из важнейших (по И.А.Шилову) особенностей атмосферы как арены жизни является низкая плотность воздушной среды. Говоря об ее обитателях, мы имеем в виду наземные формы растений и животных; дело в том, что низкая плотность среды обитания закрывает возможность существования организмов, которые осуществляют свои жизненные функции вне связи с субстратом. Именно поэтому жизнь в воздушной среде реализуется вблизи поверхности земли, поднимаясь в атмосферу не более чем на 50-70 м (кроме деревьев в тропических лесах). Следуя за особенностями рельефа живые организмы могут оказываться и на больших высотах (до 5-6 км над уровнем моря, хотя имеется факт наличия птиц на г.Эверест, а лишайники, бактерии и насекомые регулярно фиксируются на высотах около 7 км). Условия высокогорий лимитируют те физиологические процессы, что связаны с парциальным давлением атмосферных газов, например, в Гималаях на высоте более 6,2 км проходит граница зеленой растительности, так как пониженное парциальное давление диоксида углерода не позволяет развиваться фотосинтезирующим растениям; животные как обладающие способностью к передвижению поднимаются и на большие высоты. Так временное пребывание живых организмов в толще атмосферы регистрируется на высотах до 10-11 км, рекордсменом является белоголовый сип, столкнувшийся с самолетом на высоте 12,5 км (И.А.Шилов, 2000); летающие насекомые встречены на этих же высотах, а бактерии, споры, простейшие обнаружены на высоте 15 км, описано даже нахождение бактерий на высоте 77 км, причем в жизнеспособном состоянии.

Жизнь в атмосфере не отличается какой-либо вертикальной структурой в соответствии с потоками вещества и энергии движущимися в биологическом круговороте. Многообразие жизненных форм в наземной среде более определяется зональными климатическими и ландшафтными факторами. Шарообразность Земли, ее вращение и движение по орбите создают сезонную и широтную динамику интенсивности поступления солнечной энергии на различные участки земной поверхности, где формируются сходные по условию жизни географические пространства, в пределах которых особенности климата, рельефа, вод, почвенного и растительного покрова, так называемые ландшафтно-климатические зоны: полярные пустыни, тундры, леса умеренного климата (хвойные, лиственные), степи, саванны, пустыни, тропические леса.

Комплекс физико-географических и климатических факторов образует наиболее фундаментальные условия жизни в каждой из зон и выступает как мощный фактор эволюционного становления морфофизиологических адаптаций растений и животных к жизни в этих условиях.

Ландшафтно-климатические зоны играют существенную роль в ходе биогенного круговорота, в частности, в наземной среде ярко выражена ведущая роль зеленых растений. Прозрачность атмосферы определяет обстоятельство, достижения поверхности планеты потоком солнечного излучения. Практически половину его составляет фотосинтетически активная радиация с длиной волны 380-710 нм.

Именно эта часть светового потока составляет энергетическую основу фотосинтеза - процесса, в котором, с одной стороны, создается органическое вещество из неорганических составляющих, а с другой - открывается возможность использования выделяемого кислорода для дыхания как самих растений, так и гетеротрофных аэробных организмов. В этом реализуется само наличие на Земле биологического круговорота веществ.

## **Глава 5. Биосфера, как специфическая геосфера.**

В.И.Вернадский утверждал, что биосфера представляет собой одну из геологических оболочек земного шара, глобальную систему Земли, в которой геохимические и энергетические превращения определяются суммарной активностью всех живых организмов - живого вещества. "Человечество как живое вещество непрерывно связано с материально-энергетическими процессами определенной геологической оболочки Земли - с ее биосферой. Оно не может физически быть от нее независимым ни на одну минуту" (В.И.Вернадский, 1944).

Биосфера - "область жизни", пространство на земном шаре, в котором распространены живые существа. Этот термин ввел у употребление в 1875 г. Э.Зюсс, хотя отмечены и более ранние использования этого понятия, например, в работах Ж.Б.Ламарка.

Границы биосферы определяются следующим образом: в атмосфере примерно на высоте 15-20км, т.е. на границах озонового слоя, выше известные нам формы живых организмов без специальных средств защиты существовать не могут. Граница жизни в гидросфере ограничивается глубиной чуть более 11 км, (глубиной самой глубоководной впадины в океане - Марианской). В литосфере следы жизни обнаружены на глубине чуть более 100м, хотя трещины, пустоты и каверны, в которых могут существовать живые организмы залегают и глубже, но нижняя граница в целом обусловлена термодинамическими условиями земной коры. Однако следует сказать, что человек при своей хозяйственной деятельности прошел весьма глубокие шахты (более 1000 м) и пробурил скважины, например, Кольскую сверхглубокую более чем на 12 км. Это в целом позволяет живым организмам распространиться и на указанные глубины.

В целом же биосфера занимает даже при самых максимальных значениях распространения слой около 30 с небольшим километров, что в сравнении с размерами Земного шара величина весьма скромная (рис. ).

*Географическая оболочка Земли (или природная среда)* - это область сложного взаимопроникновения атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы, сложного взаимодействия, проявляющихся в них земных и космических сил. Она продолжает развиваться и усложняться в результате совместного действия живой и неживой природы.

Верхняя граница природной среды соответствует тропопаузе - переходному слою между тропосферой и стратосферой. На разных широтах Земли она различна: на экваторе до 18 км, над полюсами до 10 км. На этих высотах процессы взаимодействия геосфер затухают и жизнь становится невозможной.

В гидросфере нижняя граница находится на глубине около 11 км, а в подстилающей ее и находящейся на суше литосфере на глубине примерно в 5 км, где также процессы взаимодействия всех геосфер не обнаруживаются.

Географическая оболочка Земли представляет собой целостную материальную систему, определяющуюся непрерывным на протяжении существования планеты и жизни на ней взаимодействием и взаимозависимостью твердых, жидких, газообразных и "живых" веществ. Все составляющие географической оболочки взаимодействуют, используя солнечную энергию, поступающую на Землю, и энергию внутренних слоев Земли. Все компоненты природной среды настолько взаимосвязаны, что изменение одного из них влечет изменение других.

Большинство процессов в географической оболочке носит круговоротный характер.

Изменения в природной среде происходят непрерывно с определенной ритмичностью; выделяют суточные, связанные с вращением Земли вокруг своей оси; годовые - с движением Земли по орбите вокруг Солнца и многолетние, которые во многом обусловленные главным образом с активностью Солнца и внутренними (эндогенными) процессами в недрах Земли. Суточные и годовые ритмы оказывают влияние для жизнедеятельности организмы, аналогичное влияние оказывают ритмы, связанные, например, с фазами Луны и т.п. В целом географическая оболочка развивается поступательно, от простого к сложному от низшего к высшему.

Важнейшая структурная особенность географической оболочки (природной среды) - это ее зональность. Закон зональности был впервые обоснован В.В.Докучаевым. Самые крупные подразделения в природной среде - это географические пояса: экваториальный, субэкваториальные (северный и южный), умеренные (северный и южный), субполярные (субарктический и субантарктический), полярные (арктический и антарктический). Пояса не имеют правильной кольцевой формы: они имеют сложную форму в зависимости от конфигурации материков, морских течений, горных систем и т.п. В целом же выделение географических поясов проводится по приходу-расходу солнечной радиации и характеру общей циркуляции атмосферы. Мощность географических поясов прослеживается в океанах до глубин 2000 м.

Значительное влияние на географическую зональность оказывают земные океаны, которые на материках образуют долготные секторы (в поясах умеренных, субтропических и тропических), приокеанические и континентальные.

На континентах в их равнинной части внутри географических поясов выделяют природные зоны. Например, в пределах Восточно-европейской равнины - это зоны лесов, лесостепей, степей, полупустынь, пустынь. Природными зонами называют подразделения земной поверхности, характеризующиеся сходными почвенно-растительными и климатическими условиями. Основной фактор формирования почвенно-растительного покрова - соотношение температур и увлажнения (рис. ). В вертикальном направлении природные компоненты изменяются несколько в ином виде, чем в горизонтальном. При подъеме в горы, изменяется световой режим и количество атмосферных осадков. Важное значение имеет ориентация горных склонов - экспозиция в отношении падения на них солнечных лучей. Практически каждая горная система имеет свои особенности в отношении зональности.

Высотная зональность рассматривается снизу вверх, начиная с подошвы и вплоть до вершины. Важнейшим фактором в распределении высоты поясов является степень увлажнения (рис ).

#### *Некоторые особенности жизнедеятельности организмов.*

Все живые организмы на Земле обладают рядом признаков и свойств, которые отличают их от тел неживой природы. К их числу относят:

- высокоупорядоченное строение, в виде определенной схемы строения - клеточная или неклеточная; в химическом отношении слагающие живые организмы вещества имеют высокий уровень организации;

- обмен веществ и энергии - сложноорганизованная совокупность процессов дыхания, питания, выделения; эти процессы поставляют в организмы все необходимые для осуществления жизнедеятельности вещества и энергию, преобразуют их в организме, накапливают в организме ("строят его") и выводят из организма отходы от своего осуществления;

- раздражимость - способность организмов на ответную реакцию в отношении воздействий среды обитания; раздражимость является основной адаптацией;

- развитие, в том числе рост (увеличение объема или размеров); живые организмы осуществляют развитие за счет поступления пищи;

- размножение - это способность к самовоспроизведению, являющаяся одним из постулатов эволюции живых организмов; размножение связано с возможностью передачи наследственной информации; многие специалисты считают, что способность к размножению является самым характерным признаком живого. Жизнь любого организма ограничена во времени, но в результате размножения живая материя "бессмертна";

- движение является одним из самых ярких признаков жизни; речь идет не столько о перемещениях организмов или их частей, а движении, которое осуществляется как внутри организма, так и на уровне клетки;

- саморегуляция осуществляется также как на уровне всего организма, так и на уровне клетки. При помощи саморегуляции осуществляется постоянство внутренней среды организма при непрерывно изменяющихся факторах внешней среды; внутри живого организма регулируются температура, давление, насыщенность газами, концентрация веществ и т.п. Благодаря деятельности живых организмов саморегуляция проявляется в биосфере в целом;

- наследственность - это способность передавать признаки и свойства организма из поколения в поколение в процессе размножения;

- изменчивость - это способность организма изменять свои признаки под воздействием факторов внешней среды.

Одним из результатов проявления наследственности и изменчивости является способность живых организмов к эволюции, которая выражается в их адаптациях (приспособляемости) к изменяющимся факторам среды, что позволяет выживать наиболее приспособленным организмам и давать полноценное потомство.

### *Некоторые сведения о строении живых организмов.*

#### *Строение клетки.*

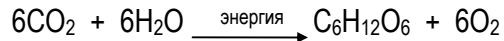
Подавляющее число известных к настоящему времени живых организмов имеют клеточное строение. Можно утверждать, что клетка - это структурная и функциональная единица живого. Клеткам характерны все признаки и в них осуществляются практически все функции живых организмов: обмен веществ и энергии, рост и размножение, саморегуляция, движение и т.д. Клетки имеют размеры от 1 мкм до 100 мкм, но иногда встречаются клетки-гиганты размером до нескольких сантиметров. Форма клеток весьма разнообразна (рис. ), но все клетки имеют одинаковый химический состав и общую схему строения. В целом в состав клеток входит около 20 химических элементов, но на долю кислорода, углерода, водорода и азота приходится до 95%. Из неорганических простых химических соединений наибольшее значение в клетках имеет вода, которой содержится от 60 до почти 98%. Из органических веществ в клетке присутствуют: белки, жиры (липиды), сахара (углеводы), нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК). Каждое из органических веществ выполняет свою специфическую функцию: нуклеиновые кислоты - передача наследственной информации, синтез белков, регуляция функций; белки - регуляция функций, защита, транспортировка веществ, рост, ферментация, энергетические запасы и превращения, ферменты - биологический катализ; липиды и углеводы - рост, энергетические запасы и превращения; питательные запасы.

Клетка состоит из наружной клеточной мембраны, цитоплазмы с органеллами и ядра. Животные и растительные клетки имеют особенности в своем строении, некоторые из составных элементов клеток характерны только, например, как хлоропласты и вакуоли для растительных клеток, эти клетки имеют также кроме мембраны еще и оболочку (рис. ). Важнейшим элементом клетки в осуществлении функций самовоспроизведения и наследственности является ядро. Оно является центром регуляции жизнедеятельности клетки. Ядро заполнено карิโอплазмой, содержащей молекулы ДНК; в ядре происходит синтез ДНК, РНК, рибосом. Перед делением ДНК образуют комплексы с белком, формируя хромосомы (рис. ). Число хромосом для каждого вида организма постоянно, это собственно и определяет возможность появления живых организмов одного и того же вида в процессе размножения.

Основой жизнедеятельности клетки является превращение энергии и обмен веществ. Всю энергию Земля получает в конечном итоге от Солнца. Лучистая энергия Солнца достигает Земли и улавливается клетками растений. Это происходит за счет имеющихся в растительных клетках специальных структур в хлоропластах. Хлоропласты - это полуавтономные мембранные органеллы, имеющие специфическую зеленую окраску за счет пигмента хлорофилла. Полученная растительными клетками энергия превращается в них в энергию химических связей молекул органических веществ и аденозинтрифосфат (АТФ). Последний представляет собой органическое вещество, универсальный

аккумулятор энергии в биологических системах. Солнечная энергия превратившись в энергию химических связей, в частности, АТФ расходуется на синтез сахаров, например, глюкозы, крахмала и т.п.

**Фотосинтез.** Одним из главнейших, если не определяющих существование жизни на Земле, является процесс фотосинтеза. Сущность процесса заключается в том, что при воздействии солнечной энергии при наличии хлорофилла из неорганических весьма простых соединений образуются сложные органические соединения. В качестве классического примера приводится следующая реакция синтеза простого сахара (глюкозы):



Этот процесс происходит практически исключительно в растительных организмах, использующие диоксид углерода, воду и минеральные соли. Другие живые организмы (животные, микроорганизмы) используют для своей жизнедеятельности готовые органические соединения, получая их из растений. При фотосинтезе выделяется кислород, который как известно абсолютно необходим для дыхания живых организмов. Питание живых организмов сопровождается расщеплением и одновременным выделением тепла, т.е. вышеуказанная реакция может быть записана в обратном порядке:



Выделившаяся энергия расходуется в виде тепла и частично запасается в синтезируемых молекулах аденозинтрифосфата (АТФ). Образовавшиеся вновь диоксид углерода, вода и другие вещества, например, аммиак могут вновь использоваться в процессе фотосинтеза. Приведенные примеры реакций фотосинтеза являются наиболее простыми, так как органические вещества, даже углеводы (сахара) имеют гораздо более сложный химический состав и строение. Запасы энергии используются живыми организмами во вторичном синтезе веществ характерных для данного организма, на его рост и размножение.

Все процессы, которые протекают в клетке, да и во всем организме, объединяются в единую совокупность называются обменом веществ и энергии.

Синтез органических веществ, сопровождающийся поглощением энергии, называется ассимиляцией или пластическим обменом, а распад, расщепление органических веществ, с выделением энергии, называется диссимиляцией, или энергетическим обменом.

По способу питания, по тому как организмы получают органические вещества и энергию, они подразделяются на автотрофные и гетеротрофные.

Автотрофные организмы - это организмы, которые создают органические вещества из неорганических в процессе фотосинтеза с использованием солнечной энергии. К числу таких организмов в первую очередь относят все растения, а также цианобактерии или так называемые синезеленые.

Гетеротрофные организмы - это организмы, которые получают готовые органические вещества от автотрофных. Источником энергии для них являются химические реакции распада и окисления органических веществ в процессе диссимиляции. К числу таких организмов относят всех животных, подавляющее большинство микроорганизмов и к примеру грибы.

Каждая клетка осуществляет свою жизнедеятельность определенный промежуток времени. Этот период, в котором протекают все процессы обмена веществ и энергии, называют жизненным циклом клетки. Клеточный цикл состоит из двух основных периодов - интерфазы и деления. Стадия деления клетки изменяется от нескольких минут до 3 часов, а стадия интерфазы, то есть существования клетки до следующего деления, естественно продолжительнее. Наиболее распространенным способом деления клетки, а значит обеспечения механизма самовоспроизведения на клеточном уровне, является митоз. Сущность митоза заключается в образовании двух дочерних клеток, идентичных исходной материнской клетке. Биологический смысл митоза состоит в обеспечении постоянства числа хромосом и наследственной информации, полной идентичности исходных и вновь возникающих клеток. А продолжая эту мысль, то в поддержании идентичности вновь возникающих и обновляющихся в "клеточном" смысле живых организмов.

#### *Классификация живых организмов на Земле.*

До настоящего времени сохраняется по своим принципам систематика живых организмов, предложенная Карлом Линнеем (1770-17778). В основу ее положен принцип соподчиненности или иерархичности, а за наименьшую систематическую единицу был принят вид. Для именованя вида была

предложена номенклатура на латинском языке, где каждый организм назывался по его роду и виду. Например, домашняя кошка идентифицируется как *Felis domestica*.

В настоящее время на Земле насчитывается около 1,5 млн видов животных, 0,5 млн видов растений и как утверждают микробиологи более 10 млн видов микроорганизмов (табл. ). Никакое изучение такого многообразия органического мира без систематики невозможно.

Изучением живых организмов как предметом науки занимается биология, представляющая собой чрезвычайно обширное научное направление со множеством собственных методологий, понятийным аппаратом и колоссальным объемом фактических знаний по весьма разработанным и достаточно специфическим отраслям научных исследований. Вследствие этого мы достаточно кратко изложим принципы биологической систематики, которые необходимы для понимания взаимодействия живых организмов и среды.

Современная биологическая наука в принятых классификациях отражает эволюционные взаимоотношения и родственные связи между организмами при сохранении принципа иерархии.

В существующих в настоящее время систематических построениях используют десять основных категорий: империя, надцарство, царство, тип, класс, отряд, семейство, род, вид. Схема биологической системы (по Р.А.Петросовой, 1999) представлена на рис.

“Вид - это совокупность особей, сходных по строению, имеющих одинаковый набор хромосом и общее происхождение, свободно скрещивающихся и дающих плодовитое потомство, приспособленных к сходным условиям обитания и занимающих определенный ареал” (Р.А.Петросова и др. Естествознание и основы экологии. М. ИЦ “Академия” 1998 г. стр.161).

Все клеточные организмы имеют подразделение на безъядерные (прокариоты) и истинноядерные (эукариоты). К первым относятся бактерии, а ко вторым - растения, животные, грибы.

Кроме организмов имеющих клеточное строение имеются и неклеточные формы жизни - вирусы и бактериофаги. Кстати вирусы были открыты в 1892 г. Таблица

Биомасса сухого вещества живых организмов на Земле (по Стадницкому Г.В. и др. 1988) \*

Живые организмы	Масса $1 \times 10^{12}$ т	Масса %	Масса в целом %
<b>Суша</b>			
Растения	2,40	99,2	-
Животные и микроорганизмы	0,02	0,8	-
Итого:	2,42	100	99,87
<b>Океан</b>			
Растения	0,0002	6,3	-
Животные и микроорганизмы	0,003	93,7	-
Итого:	0,032	100	0,13
<b>Всего:</b>	2,4232	-	100

Примечание:

\*) Ежегодный прирост живого вещества на Земле составляет  $0,88 \times 10^{12}$  т и столько же его распадается, что и означает наличие природного баланса в органическом мире Земли.

русским биологом Д.И.Ивановым, а их название в переводе означает “яд”, что в общем-то в привычном обиходе для многих людей отражает их воздействие на состояние здоровья.

*Бактерии*, впервые увидели в XVII веке изобретателем микроскопа голландцем Антони ван Левенгуком, представляют собой одноклеточные прокариотические организмы; размером от 0,5 до 10-13 мкм. Подавляющее большинство бактерий-гетеротрофы, но среди них имеются и автотрофы -

цианобактерии, обладающие фотосинтезирующей системой и содержащие хлорофилл, который придает им зеленую или синезеленую окраску. Собственно это объясняет, что часто цианобактерии имеют просто “синезеленые”, а за внешнее сходство называют водорослями.

*Грибы*, выделенные в отдельное царство живые организмы объединяют около 100 тысяч видов; это гетеротрофные организмы схожие по ряду признаков как с растениями, так и с животными. Они имеют клеточную оболочку, неподвижны и питаются за счет всасывания питательных веществ, имеют неограниченный рост, - все это сближает их с растениями. В то же время грибы не способны синтезировать органические вещества из неорганических, не имеют хлоропластов и это делает их схожими с растениями. Грибы делят на высшие и низшие. Из последних всем хорошо известны дрожжи и плесневелые, а высшие - это те грибы, которые в виде шляпочных произрастают повсеместно на Земле при наличии питательной среды и оптимальных условий. По способу питания выделяют сапрофиты - питающиеся различного рода органическими остатками и паразиты живущие на других организмах.

*Лишайники* - это своеобразная группа организмов, представляющая собой симбиоз гриба и цианобактерий или одноклеточных водорослей. Гриб обеспечивает лишайники водой и защищает от высыхания, а водоросли или цианобактерии в процессе фотосинтеза образуют питательные вещества для гриба. Лишайники обладают уникальной способностью селиться в самых неблагоприятных местах и довольствоваться весьма скудными возможностями для питания и дыхания, что делает их “пионерами” в освоении новых пространств и позволяет создавать условия для последующего освоения растениями и животными. В то же время лишайники и грибы весьма чувствительны к губительным видам воздействий, особенно антропогенного характера и их исчезновение - признак серьезного неблагополучия в окружающей среде.

**Растения** это типичные эукариоты, фотосинтезирующие живые организмы, имеющие клеточную целлюлозную оболочку, запасы питательных веществ в виде крахмала, неподвижны или в крайнем случае малоподвижны, способные к увеличению размеров - росту в течении всей своей жизни. Подавляющее большинство растений на Земле имеет зеленую или близкую к ней окраску, за счет пигмента - хлорофилла. Под действием солнечного излучения из простых соединений: воды и диоксида углерода с использованием других минеральных веществ они синтезируют органические соединения и выделяют кислород, обеспечивая тем самым питание и дыхание всех остальных живых организмов. Одним из самых важных свойств растений является их регенерирующая способность, размножаются они как половым путем, так и вегетативно.

Зеленый покров Земли создан именно растениями и распространены они в самых различных условиях, занимая практически всю сушу, кстати в океане по биомассе растений весьма немного, вопреки представлениям о зарослях на дне морей и океанов (см. табл. ). Растения по биомассе существенно опережают и животных и микроорганизмы, являясь главнейшим компонентом биосферы и определяя главную форму жизни на Земле, а именно растительную.

Главными жизненными формами растений являются деревья, кустарники и травы; деревья и кустарники - это многолетние растения, а травы бывают как многолетними, так однолетними и двулетними. Основные элементы строения растений - корень и побег. Из высших растений наиболее организованные, распространенные и многочисленные в настоящее время - это цветковые, имеющие цветки и плоды. У цветковых растений корень и побег могут обеспечивать бесполое размножение.

Кроме значительной биомассы растения на Земле обладают высоким разнообразием. Среди них выделяют два подцарства - Низшие и Высшие растения. К первым относят разнообразные водоросли, ко вторым - споровые (мхи, плауны, хвощи, папоротники) и семенные (голосеменные и покрытосеменные).

*Водоросли* - одноклеточные и многоклеточные организмы, являются, наверное, древнейшими представителями растительного мира. Общее количество водорослей насчитывает более 46 тысяч видов. Водоросли обитают как в пресных, так и соленых водоемах на различных глубинах.

*Высшие растения. Споровые.*

*Мхи* - это одна из самых древних групп высших растений; устроены наиболее просто - стебель и листья. Это в основном многолетние растения небольших размеров от нескольких миллиметров до десятка сантиметров. Распространены мхи достаточно широко и насчитывается их около 30 тысяч видов. Мхи неприхотливы, выдерживают как высокие, так и низкие температуры, но растут главным образом во влажных тенистых местах.



*Плауны* появились около 400 млн лет тому назад и образовали густые леса из древовидных форм почти в 30 м высотой. Сейчас плаунов осталось на Земле довольно мало и представляют они собой многолетние травянистые растения.

*Хвощи* - небольшие многолетние небольшие по размерам травянистые растения, но это сейчас, а в древности они были весьма распространены и образовывали весьма крупные древовидные формы.

*Папоротники*, в свое время, в каменноугольный период, пережили бурный расцвет и сыграли как и перечисленные другие споровые огромную роль в развитии жизни на нашей планете. В настоящее время их насчитывается около 10 тысяч видов и в наибольшей степени они распространены во влажных тропических лесах. Если в умеренных широтах размеры папоротников соответствуют травам, т.е. это несколько сантиметров, то в тропиках - это десятки метров, т.е. - это деревья.

*Семенные растения. Голосеменные.* В наши дни голосеменные представлены примерно 700 видами кустарников и деревьев. У этих растений имеются семена и осуществляется редукция гаметофита. Образование половых клеток, оплодотворение и созревание семян происходят на взрослом растении - спорофите. Наличие семян резко усиливает возможности растений к освоению новых пространств. Собственно говоря наличие семян в какой-то степени заменяет невозможность растений к передвижению, как бы компенсируя их неподвижность относительно животных. Семя также способствует большей устойчивости растений к воздействию неблагоприятных факторов среды. Голосеменные подразделяются на хвойные - около 560 современных видов; саговники - известные с каменноугольного периода; гингко - также реликтовые. Последние два класса имеют весьма ограниченное распространение.

*Покрывосеменные.* Эти растения появились относительно недавно (около 150 млн лет тому назад). В настоящее время они наиболее распространены на нашей планете и насчитывают примерно 250 тысяч видов. Это наиболее высокоорганизованные из высших растений. Они обладают сложным строением, специализированными тканями и очень совершенной проводящей системой. Для них отличительным свойством является интенсивный обмен веществ, быстрый рост и очень высокая приспособляемость к меняющимся внешним воздействиям. Покрывосеменные имеют цветок - генеративный орган и семя, защищенное плодом. Цветковые представлены деревьями, кустарниками и травами как однолетними, так и многолетними. Эти растения образуют на суше чрезвычайно сложные многоярусные сообщества. Эти растения делятся на двудольные и однодольные по числу семядолей в зародыше. Двудольные - насчитывают 175 тысяч видов, которые объединены в 350 семейств. Это в большинстве своем известные нам растения: деревья - дуб, ясень, береза и т.д.; кустарники: боярышник, бузина, смородина и т.д.; травы - лютик, лебеда, морковь и т.д.

Однодольные составляют около четверти всех покрыто семенных и объединяют 60 тысяч видов в 67 семействах. Преобладающая жизненная форма - травы: это злаки, агавы, алоэ, тростники, а из деревьев - пальмы (финиковая, кокосовая, сейшельская).

### **Животные**

На Земле насчитывается 2 млн видов животных и список их продолжает пополняться. По размерам: от микроскопических (от нескольких микрон) до 30м. В отличие от других живых организмов клетки у животных лишены оболочки и пластид; питаются животные готовыми органическими веществами. Большинство животных обладает способностью к движению и имеют для этого специализированные органы.

Царство животных подразделяется на простейших (одноклеточных) и многоклеточных.

*Простейшие* - это организмы, состоящие из одной клетки, осуществляющей все функции живого организма. Среди них насчитывают примерно 15 тысяч видов различных форм: морские, пресноводные, почвенные и паразитические. Размеры от 5 мкм до 700 мкм. Размножаются как делением, так и половым путем. Простейшие способны переживать неблагоприятные условия среды, преобразуясь в стадию цисты. Выделяют несколько типов: саркодовые (корненожки), жгутиковые, споровики и инфузории.

Среди саркодовых наиболее типичны амебы и фораминиферы, радиолярии (раковинные амебы). Жгутиковые представлены, в частности, эвгленой зеленой, обитающей в воде и содержащей хлорофилл, паразитическими формами - трихомонады, лямблии, трипаносомы. Споровики, организмы способные образовывать споры - покоящиеся стадии с сложной чередующейся системой полового и бесполого размножения. Самой известной представитель - малярийный плазмодий. Инфузории насчитывают около 7 тысяч видов и представляют собой наиболее сложноорганизованные простейшие

организмы. Всем известна довольно крупная по размерам инфузория-туфелька. Обитает в пресных водоемах, имеет “рот”, пищеварительную вакуоль и специальный орган - порошок, для выведения непереваренных остатков пищи; размножается половым и бесполом путем.

#### *Многочелюстные организмы*

*Губки* - самые простые из многоклеточных организмов. Это неподвижные образующие колонии животные. По форме тела - это “мешок” или “бокал”, пронизанный многочисленными порами. Через эти поры осуществляется непрерывная фильтрация воды, которая и поставляет в губку питательные вещества. Губки часто сожительствуют с другими организмами; в их полостях обитают моллюски, черви и ракообразные, а также в свою очередь губки могут поселяться на панцире крабов, раковинах моллюсков. Губкам свойственны как бесполое, так и половое размножение. Широко известна пресноводная губка-бодяга. В природе губки выполняют роль фильтра, но очень чувствительны к воздействиям и быстро погибают в техногеннозагрязненных водах.

*Кишечнополостные* - это также низшие многоклеточные животные. Среди них имеются свободноплавающие формы - медузы и прикрепленные - полипы. Насчитывают около 20 тысяч видов. Кишечнополостные приобретают нервную систему диффузного типа и в целом дифференциация клеток у них уже достаточно высокая. В пресных водоемах обитают гидроидные кишечнополостные - гидры, способные к регенерации. Сцифоидные - морские животные, для которых характерно слабое развитие полипа, но образуют сложные и крупные формы: медузы; размеры некоторых достигают 2 м в диаметре, щупальца свисают на 10-12 м. Коралловые полипы наиболее многочисленны и разнообразны, они живут в морях и носят название антозоа, что переводится с греческого как животные - цветы. Колониальные полипы строят огромные известковые сооружения в тропических морях - рифы барьерные и береговые, а также коралловые острова - атоллы.

*Плоские, круглые и кольчатые черви.* Среди плоских червей - животных с двусторонней симметрией тела различают ресничных, сосальщиков, ленточных. Все эти черви - трехслойные животных, обладающие кожно-мускульным мешком, имеющие выделительную, пищеварительную и нервную системы. Размеры червей от 4-5 мм (сосальщики), 2 см (ресничные) и до 2-3 м (ленточные), последние из них являются паразитами, в том числе и человека. Круглые черви широко распространены в природе: в морях, океанах, пресных водоемов, в природном иле, в различных типах почв. Некоторые из крупных червей являются паразитами человека, животных и даже растений; наиболее известны среда и их нематоды, которых насчитывают до 20 тысяч видов. Размеры нематод колеблются от 80 мкм до 8 м. Кольчатые черви - это наиболее организованные животные среди червей. Тело их сегментировано, хорошо развита нервная система узлового типа; имеется выделительная система и появляется кровеносная система замкнутого типа. Кольчатые черви обладают осязательными и светочувствительными клетками. Наиболее известны дождевые черви, живущие в почве и пиявки, встречающиеся в пресных водоемах. Дождевые черви и все виды пиявок очень чувствительны к загрязнениям, чего нельзя сказать о трубочниках, которые живут в загрязненных сточных водоемах, способны к очищению их от органических загрязнений и являются хорошей пищей для рыб.

*Членистоногие.* Эти животные представляют собой самый многочисленный тип животных, который объединяет 1,5 млн видов, из которых самыми распространенными являются насекомые. По мнению биологов членистоногие занимают вершину эволюции беспозвоночных. Появились членистоногие в морях кембрийского периода и стали затем первыми наземными животными способным дышать атмосферным кислородом. Считают, что предками членистоногих были древние кольчатые черви.

По Р.А.Петросовой (1998) все членистоногие имеют общие признаки:

- тело покрыто хитином - роговым веществом, иногда пропитанным известью; хитин образует наружный скелет и выполняет защитные функции;
- конечности имеют членистое строение, соединены с телом посредством суставов, на каждом членике расположено по одной паре ног;
- тело сегментировано и разделено на два - три отдела;
- мышцы хорошо развиты и прикреплены в виде мышечных пучков к хитиновому покрову;
- кровеносная система незамкнута, имеется сердце; кровь - гемолимфа изливается в полость тела и омывает внутренние органы;
- имеются органы дыхания - жабры, трахеи, легкие;

- усовершенствованная нервная система узлового типа; имеются сложные фасеточные глаза, усики - органы обоняния и осязания; органы слуха и равновесия;
- усовершенствованная выделительная система;
- раздельнополые.

Членистоногие подразделяются на ракообразных, паукообразных и насекомых.

Ракообразные насчитывают около 20 тыс. видов. К ним относятся раки, крабы, лангусты, дафнии, циклопы, мокрицы, креветки и т.д. Главным образом населяют водоемы как соленые, так и пресные; органы дыхания представлены жабрами.

Паукообразные насчитывают около 60 тыс. видов. Они обладают всеми признаками членистоногих и отличаются наличием четырех пар ног, отходящих от головогруды и двух пар челюстей. В связи с наземным образом жизни развиты легкие и трахеи в качестве органов дыхания. Все паукообразные - хищники с наружным пищеварением; иногда встречаются паразиты. Самыми яркими представителями являются пауки, клещи и скорпионы самых разных видов, живущие в чрезвычайно разных условиях. Среди этих животных имеются ядовитые представители.

Насекомые - самые многочисленные среди беспозвоночных, да и среди позвоночных, животные. Полагают, что их количество около 2 млн видов, причем каждый год описывают по несколько десятков новых видов. Насекомые живут в воздухе, воде, почве и на ее поверхности. Насекомые могут ползать, прыгать, ходить и летать, плавать, скользить и т.п.

Насекомые эволюционировали из воды на сушу, но многие из них перешли к вторичному существованию в воде. Строение насекомых в целом единообразно, несмотря на колоссальное количество форм их тела. Главная отличительная особенность - три пары ног, не зря насекомых иногда именуют как шестиногие. Все насекомые - раздельнополые животные, которые в зависимости от вида личинки могут иметь полные (в четыре стадии) или неполные (в три стадии) превращения. Четыре стадии - это яйцо, личинка, куколка, имаго (взрослое насекомое), а три стадии - яйцо, личинка, имаго. Класс насекомых насчитывает более 300 отрядов, которые отличаются строением крыльев, ротового аппарата и развитием. Наиболее широко распространенные низшие насекомые с неполным превращением: - это тараканы, стрекозы, кузнечики, саранча, сверчки, клопы; к высшим насекомым с полным превращением относятся: бабочки, шмели, осы, пчелы, муравьи, мхи, слепни, комары. По размерам обычно в пределах до 1-3 см. Распространены повсеместно от Арктики до Антарктиды во всех природных зонах как по горизонтали, так и по высоте.

Насекомые обладают сезонной и суточной активностью; некоторые из них обладают склонностью к общественному проживанию, в виде колоний-семей, где наличествует четкая дифференциация обязанностей (пчелы, муравьи, термиты).

Насекомые обладают инстинктами - наследственно безусловно-рефлекторной деятельностью, причем весьма большой сложности, обеспечивающих целесообразность поведения. Наряду с этим насекомые как и все животные непосредственно реагирует на факторы внешней среды.

*Моллюски и иглокожие.* Очень большим типом животных, насчитывающих около 100 тыс. видов являются моллюски, которые обитают как в воде, так и на суше. Моллюски не имеют сегментированного тела, а состоят из трех отделов: головы, туловища и ноги. С помощью ноги моллюски могут передвигаться. Тело моллюска защищается, как правило, раковиной, которая растет вместе с моллюском. Дышат моллюски жабрами, а у наземных форм развиты легкие. В мантийную полость открываются выводные протоки почек, половых органов и анальное отверстие. Нервная система очень простая, почти как у плоских черве; кровеносная система незамкнута. Моллюски бывают обоеполые и раздельнополые с внутренним оплодотворением. Выделяют брюхоногих (виноградная улитка, рапана, катушки, слизни, прудовики); двустворчатых в соленых и пресных водоемах (беззубка, мидия, гребешки, устрицы); головоногих - самых высокоорганизованных среди моллюсков (кальмары, каракатицы, осьминоги). Головоногие представляют собой хищников, ведущих активный образ жизни в водной среде.

Тип иглокожих насчитывает около 5 тыс. видов, живущих исключительно в морских условиях, эти животные обладают весьма высокой организацией и по своему внешнему виду исключительно разнообразны и даже весьма красивы. По форме тела их разделяют на морские звезды, змеехвостки, морские ежи, морские лилии и т.д. Эти животные имеют подкожный известковый скелет в виде пластин с шипами и иглами. Образ жизни в основном малоподвижный. Особенности в виде центрального по

отношению ко всему мелу ротового отверстия, радиально-лучевой симметрии в строении тела, а также в том, что эти животные обладают водно-сосудистой системой, которая выполняет функции дыхания, газообмена и выделения. Иглокожие относятся к раздельнополым; для них характерна способность к регенерации. У некоторых видов при неблагоприятных условиях происходит самопроизвольный распад тела на отдельные части с последующей регенерацией.

*Хордовые.* Численность типа составляет всего около 3% от числа видов животных (всего 45 тыс. видов). Они встречаются во всех средах, где возможна жизнь. Для хордовых обязательными являются следующие признаки: внутренний осевой скелет - хорду (для высших форм - это позвоночник); центральная нервная система в виде нервной трубки над осевым скелетом с подразделением на спинной и головной мозг; глоточные жаберные щели; двусторонняя симметрия; замкнутая кровеносная система и сердце, мышечный орган, обеспечивающий движение крови по сосудистой системе. По мере освоения образовались два круга кровообращения и усложнилось сердце с 2-х камерного до 4-х камерного. Нервная система усовершенствована до значительного объема головного мозга, в частности, его переднего отдела и высокой степени развития органов чувств. При переходе от водного к наземному образу жизни созданы приспособленные к нему кожные покровы, дыхательная система, органы передвижения, системы зрения, обоняния, осязания и терморегуляции. Все позвоночные - раздельнополые.

Наибольшее распространение получил подтип Позвоночных, который включает в себя несколько основных классов: Хрящевые рыбы, Костистые рыбы, Земноводные, Пресмыкающиеся, Птицы, Млекопитающие.

*Рыбы* подразделяются на хрящевые и костистые. Средой обитания рыб являются водоемы, что сформировало особенности их тела и создало плавники как органы передвижения. Дыхание жаберное, а сердце двухкамерное и один круг кровообращения.

Хрящевые наиболее примитивные из современных рыб, хотя многие из них появились в палеозое. Эти рыбы имеют неокостеневающий скелет; у них отсутствует плавательный пузырь, парные горизонтальные плавники. Для них характерно внутреннее оплодотворение. К этому классу относятся акулы, скаты и химеры. Большинство из них хищники: акулы достигают размеров почти в 20 м; скаты - придонные рыбы с 3-5 метровым "размахом" плавников, некоторые способны с помощью электрических органов создавать электрические разряды в 200В; химеры весьма немногочисленны и встречаются в основном на больших глубинах.

Костистые рыбы - это самая многочисленная среди рыб группа. Скелет костный, жабры закрыты крышками, имеется плавательный пузырь, тело покрыто чешуей. Встречаются хищники, всеядные и растительноядные. Характерным является наружное оплодотворение. Среди костных рыб есть представители весьма древних - двоякодышащие и кистеперые, которые процветали 380 млн лет тому назад и первыми из животных выбрались на сушу, создав земноводных. Перечислить рыб по названиям практически невозможно, но среди них есть группы лососеобразных, сельдеобразных, карпообразных, трескообразных, глубоководных, придонных и т.д.

*Земноводные или амфибии* - немногочисленная группа наземных довольно примитивных позвоночных животных. В зависимости от стадии развития часть жизни многие из них проводят в воде. Они возникли чуть менее 370 млн лет тому назад от кистеперых рыб. В развитии имеют две стадии: личиночную и взрослую. В личиночной стадии имеют большое сходство с рыбами в строении и жизненных процессах, во взрослой - похожи на многих наземных животных. Это раздельнополые животные с наружным оплодотворением и развитием в воде. Питаются в основном животной пищей, но личинки иногда растительноядные.

Существует три группы земноводных: хвостатые, наиболее примитивные (тритон, саламандра, амбистома), червяги (безногие), очень немногочисленные, похожие на змей (червяга, рыба-змея) и бесхвостые амфибии, наиболее процветающие в настоящее время среди земноводных (жабы, лягушки).

*Пресмыкающиеся или рептилии.* Это типичные позвоночные, приспособленные к жизни на суше. Сердце - трехкамерное, имеется разделение артериальной и венозной крови в связи с наличием неполной перегородки в сердце; развита нервная система, полушария головного мозга значительно больше; существуют кроме врожденных безусловных и условные рефлексы. Пищеварительная, выделительная и кровеносная системы открываются в часть кишечника - клоаку. Легкие весьма объемистые, ячеистые.

Тело покрыто чешуей, которая сбрасывается во время линьки. Рептилии - раздельнополые с внутренним оплодотворением. Отложенные яйца развиваются даже у водных рептилий на суше. Некоторые виды размножаются живорождением. Наибольшего расцвета пресмыкающиеся достигли в мезозойскую эру около 100-200 млн лет тому назад, это были динозавры, ихтиозавры, птерозавры различного размера от кошки до огромных. Все они вымерли примерно 70 млн лет тому назад; более или менее ясного понимания причин этому пока нет.

В настоящее время существуют четыре основных группы рептилий: черепахи, змеи, ящерицы и крокодилы.

Характерной особенностью черепах является наличие панциря; живут они как в воде, так и на суше; размеры от очень небольших до более чем 110 см длиной, обитающих на суше, и более 500 см - в море.

Очень широко распространены ящерицы (игуаны, агамы, гекконы, хамелеоны, вараны, собственно ящерицы и др.), обычно с длинным хвостом, развитыми конечностями. Всем известны змеи, как типичные рептилии, имеющие длинное тело без конечностей; это ползающие животные; многие из них ядовиты, некоторые заглатывают добычу целиком, предварительно задушив ее. К змеям относят питонов, удавов, гюрз, кобр, гадюк, ужей и т.д.

Ближе к млекопитающим стоят крокодилы, имеющие четырехкамерное сердце, легкие; дыхательный, пищеварительный, выделительный аппараты очень развиты. Это довольно крупные хвостистые животные, обитающие в воде по берегам водоемов; по суше передвигаются медленно, но великолепно плавают. Обитают в основном в тропиках, субтропиках: пустынях, болотах, лесах.

*Птицы.* Животные приспособленные к полетам в земной атмосфере. Распространены по всему земному шару и насчитывают около 9 тыс. видов. Тело птиц покрыто перьями, а передние конечности превратились в крылья. В строении тела птиц имеются особенности, например, кости скелета у них полые, хорошо развита грудина-киль. Птицы - теплокровные животные (до 42°C). Легкие ячеистые и имеют воздушные мешки для активной вентиляции (это так называемое двойное дыхание). Сердце четырехкамерное; артериальная и венозная кровеносная системы разделены; пищеварительная, выделительная и половая системы у птиц и рептилий очень похожи. Нервная система птиц развита весьма хорошо, особенно передний мозг-мозжечок, поведение птиц весьма сложное и у них выработано много условных рефлексов. Оплодотворение внутреннее; яйца откладываются, как правило, в гнезда; для птиц, как и рептилии, характерна забота о потомстве. Всех птиц делят на три группы: бескилевые (бегающие), плавающие, килегрудные. Бегающие (страусы, эму, казуары, киви) размером от 0,5 до 2,5 м высотой, наиболее примитивные птицы. Пингвины - нелетающие птицы, но прекрасно плавающие, очень плохо передвигающиеся по суше. Килегрудные, разделяются на 34 отряда, большинство птиц прекрасно летают; живут птицы в лесах, степях, пустынях, лучах, болотах, на воде, в садах и парках. Среди них есть хищники.

*Млекопитающие или звери.* Это наиболее высокоорганизованные позвоночные животные; развита нервная система (большой объем полушарий головного мозга и его кора), примерно постоянная температура тела; четырехкамерное сердце, два круга кровообращения; диафрагма, разделяющая брюшную и грудную полости; развитые молочные железы, дети развиваются в теле матери, кроме яйцекладущих, и вскармливаются молоком; развиты зубы; у многих есть хвост и кожа покрытая шерстью. У млекопитающих хорошо развиты органы чувств: обоняния, осязания, зрения, слуха. Внешний облик чрезвычайно разнообразен, в зависимости от среды обитания: водные имеют ласты или плавники; летающие имеют крылья; сухопутные обладают хорошо развитым для разных целей конечностями. Высокоразвитая нервная система позволяет прекрасно приспосабливаться к внешним условиям и вырабатывать многочисленные условные рефлексы.

Класс млекопитающих подразделяется на три подкласса: яйцекладущие, сумчатые и плацентарные.

Яйцекладущие (первозвери), наиболее примитивные из млекопитающих, они откладывают яйца, но детенышей вскармливают молоком; у них в часть кишечника (клоаку) открываются пищеварительная, выделительная и половая системы. Встречаются только в Австралии - это ехидны и утконос.

Сумчатые, гораздо более организованы, они рожают недоразвитых детенышей, которых донашивают в сумке. В Австралии обитают кенгуру, муравьеды, коала, вомбаты, сумчатые мыши,

сумчатые белки. Еще более примитивные сумчатые встречаются в Центральной и Южной Америке - опоссумы, сумчатые волки.

Плацентарные имеют развитую плаценту - орган, прикрепленный к стенке матки и выполняющий функции обмена веществами и кислородом между материнским организмом и эмбрионом. Среди плацентарных выделяют 16 отрядов, в частности, Насекомоядные, Рукокрылые, Грызуны, Зайцеобразные, Хищные, Ластоногие, Китообразные, Копытные, Хоботные, Приматы.

Насекомоядные (кроты, ежи, землеройки и др.) наиболее примитивные мелкие животные.

Рукокрылые - единственные летающие среди зверей (крыланы, летучие мыши, вечерницы, вампиры); сумеречные мелкие животные.

Грызуны - наиболее многочисленные (около 40%), как правило, мелкие растительноядные и всеядные животные. Это крысы, мыши, белки, суслики, бобры, хомяки, сурки и др.

Зайцеобразные (зайцы и кролики), очень близки к грызунам, растительноядные.

Хищные (более 240 видов) питаются животной и смешанной пищей, делятся на несколько семейств: собачьи (собака, волк, лисица и др.), медвежьи (белый, бурый, гималайский и др.), кошачьи (кошка, тигр, рысь, лев, леопард, гепард, пантера и др.) куньи (куница, соболь, хорек, ласка, норка) и др. Некоторые из хищников способны к зимней спячке с замедлением обмена веществ.

Ластоногие, в основном, хищники обитают в воде, по суше передвигаются весьма плохо, но размножаются они на суше. Это тюлени, моржи, морские львы и котики.

Китообразные также живут в воде, никогда ее не покидают и поэтому размножаются в воде; дышат атмосферным воздухом, хотя ведут образ жизни близкий к рыбам. К ним относятся различные киты и дельфины. Голубой кит - самое крупное из современных животных (длина до 30 м и масса до 150 т).

Копытные подразделяются на два отряда: непарнокопытные (лошадь, осел, зебра, носорог, тапир), это растительноядные животные; парнокопытные (олени, коровы, жирафы, козы, овцы) растительноядные жвачные животные.

Хоботные (слоны), самые крупные наземные животные, которые обитают только в Азии и Африке. Растительноядные, хобот - это видоизмененный удлинённый нос, сросшийся с верхней губой.

Приматы объединяют 140 видов. Для этих животных характерны пятипалые конечности, кисти хватательного типа, ногти вместо когтей. Зрение бинокулярного типа. Питаются растительной и животной пищей. Обитают в тропических и субтропических лесах. Различают полуобезьян и собственно обезьян. К первым относят лемуров, лори, долгопятов. Среди обезьян выделяют широконосых (игрунки, ревуны, коата) и узконосых (макаки, мартышки, павианы, гамадрилы). В группу высших узконосых бесхвостых человекообразных обезьян входят гиббон, шимпанзе, горилла, орангутанг. К приматам принадлежит и человек.

## **Раздел 2. Взаимодействие организма и Среды.**

### **Глава 6. Жизнь, как предмет экологической науки.**

Жизнь, как ее определяют многие энциклопедические издания, являет собой одну из форм существования материи, закономерно возникающая при определенных условиях в процессе развития материи. Это определение отнюдь не является исчерпывающим, как известно, жизнь - одна из основных тем как философского размышления на протяжении всей человеческой истории, так и предмет естествознания и теологии.

По образному выражению французского естествоиспытателя Ж.Кювье: "Жизнь представляет ... более или менее сложный вихрь... направление которого постоянно и который всегда захватывает молекулы, обладающие определенными свойствами;... в него постоянно проникают и из него постоянно вызывают индивидуальные молекулы... Пока это движение существует, тело, в котором оно имеет место, живо, она живет. Когда движение окончательно останавливается, тело умирает" (А.А.Горелов, 1998, с.48).

Процесс божественного сотворения рассматривается как совершившийся одномоментно и всего однажды, в этом случае естественнаучное изучение возникновения жизни становится невозможным, хотя в теологии оно продолжается. Теория самопроизвольного и спонтанного возникновения жизни была известна в древних цивилизациях Китая, Египта и активно рассматривалась Аристотелем. В основу этой теории положена идея "активного начала", которая присутствует во всех живых организмах и

распространяется на неживые предметы. В XVII-XVIII вв трудами крупнейших ученых А.Левенкуном, Л.Пастером, Ф.Леди и др. и пришли к отвергающему теорию активного начала выводу, что жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни. Теория самопроизвольного возникновения жизни была отвергнута концепцией биогенеза. Имеется еще достаточно большое количество и других гипотез возникновения жизни, но и как упомянутые выше они не отвечали на вопрос: откуда взялся самый первый живой организм.

Разработанная рядом ученых теория стационарного состояния отвечает на этот вопрос однозначно: жизнь была всегда и не возникала и проявлялась, в форме вечно бессознательного существования. Но здесь есть одно важное допущение, которую эту теорию опровергает. Если жизнь существовала всегда на Земле, то и Земля существовала всегда, но этот факт как известно, мягко говоря, неверен. Теория панспермии, утверждающая, что жизнь занесена на нашу планету извне, в целом возникновения жизни не объясняет, а просто проблему выносит за пределы Земли.

Признаваемая подавляющим большинством современных биологов, теория биохимической эволюции полагает, что возникновение жизни и развитие многообразных жизненных процессов связано с различными зачастую сложными биохимическими и физическими реакциями. Жизнь возникла в результате превращений и переходов от сложных органических веществ к простым живым организмам. Согласно данным современной науки, в процессе соединения возникших абиотическим путем аминокислот образовалась некая материальная система, составленная из управляющей и управляемой частей (ядро клетки и цитоплазмы). Ядро клетки содержит молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты - ДНК, в которой заключен информационный "генетический" код. Данный код в виде порядка расположения четырех оснований соединяющих две цепочки атомов определяет последовательность всех процессов жизнедеятельности организмов - биосистем, где осуществляется обмен веществ с окружающей средой, в ходе которого организм получает все необходимые вещества для обеспечения роста и развития организма, а также осуществление размножения в виде образования дочерних организмов.

Наиболее проработанной и поддерживаемой современными учеными среди огромного множества имеющихся теорий и гипотез, объясняющих возникновение и развитие всего органического мира является теория эволюции. Вклад в нее внесли Ламарк, Дарвин, Уоллес, а дополнения внесенные достижениями современной генетики, палеонтологии, молекулярной биологии позволяют сейчас определить теорию органической эволюции жизни как путь естественного отбора детерминированных генетических признаков.

Начиная с XIX века, изучение жизни, связывается не только с классической естественной и теологической проблематикой, но и с так называемой неоклассической, разработанной в рамках современной философии. Но это уже предмет иной науки, нежели той, что рассматривается в данной книге. Однако на наш взгляд следует высказать некое важное утверждение: экологическая наука имеет предметом своего изучения живые организмы, одним из которых является человек, существо разумное, способное собственно и изучать... Это и есть один из важных постулатов современной экологии как мировоззренческой науки: "Экология изучает объект в виде живого организма как проявления жизни, связанной со средой не только условиями обитания, но и условием своего возникновения. В этом случае нарушения во взаимосвязях чреватые разрушением объекта изучения - живого организма, а значит и собственной жизни". Выходом является учет в выборе тенденций развития, наличие у современной жизни, человека как единственного носителя Разума и Души человечества, как носителя Коллективного Разума и Души...

В.И.Вернадский писал: "На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом... Все минералы верхних частей земной коры - свободные алюмокремневые кислоты (глины), карбонаты (известняки и доломиты), гидраты окиси Fe и Al (бурые железняки и бокситы) и многие сотни других - непрерывно создаются в ней только под влиянием жизни". Во многом поверхностная часть, довольно мощная часть земной коры и ее внешний облик сформирован жизнью.

Прекрасно известно, что геологическое время весьма отлично от обыденного ощущения и понимания времени человеком, но это понимание показывает, что продолжительность действия жизни на "слои земные" соизмерима со сроком существования земной коры, с ее абсолютным возрастом.

**Краткое описание эволюции Земли.** Рассмотрим в виде краткого описания глобальную эволюцию Земли. (по В.И.Дубинину, 1997) Начиная с 40-х годов нынешнего столетия, с работ академика О.Ю.Шмидта, сложилась вполне обоснованная по уровню современного научного знания, гипотеза образования Земли. Основное представление о формировании планет составляющих Солнечную систему заключается в том, что они образовались за счет слипания и дальнейшего роста (аккреции) твердых частиц из протопланетного пылегазового облака окружавшего Солнце.

По расчетам ряда современных специалистов рост Земли не был постоянно ускоряющимся, а носил циклический характер, вначале происходило довольно быстрое формирование массы Земли, которое по мере исчерпания твердого вещества в протопланетном облаке замедлилось и трансформировалось в уплотнение собственно планеты Земля. Поданным В.С.Сафронова при аккреции Земли выделилось гигантское количество гравитационной энергии - около  $23,3 \times 10^{38}$  Эрг. Эта энергия была так велика, что прото-Земле грозило не только переплавление первичного вещества, но и полное его испарение. Однако большая часть энергии выделялась в приповерхностных зонах и терялась в окружающем пространстве в виде теплового излучения. За 100 млн лет сформировалось около 99% массы современной Земли. Процесс аккреции Земли сопровождался попеременным разогреванием и остыванием вещества, что обусловило на первичном этапе ее существование в виде недифференцированной планеты без ядра и земной коры.

По современным представлениям Земля после своего формирования была относительно холодным телом однородного состава с температурой ниже необходимой для переплавления.

Вся дальнейшая эволюция Земли как планеты была связана с качественным составом ее вещества, полученной энергии при образовании и взаимодействиями с ближайшим космическим телом - Прото-Луной. Именно эти факторы обусловили эндогенные процессы проявившиеся за счет энергии распада радиоактивных элементов и гравитационной дифференциации исходного вещества Земли. По своим параметрам и свойствам поверхностные слои тела Земли соответствовали реголиту - мелкопористому веществу, образованному из постоянно оседающей тонкодисперсной пыли, непрерывно обновляющейся при взрывных воздействиях падающих на Земли агрегированного космического материала - планетезималей. При этом процессе происходило выделение воды и углекислого газа, которые мгновенно связывались ультраосновным по составу земным веществом - реголитом. Общий теплозапас Земли определялся главным образом скоростью ее роста, но величина тепла Земли была недостаточной для полного переплавления ее вещества, что существенно отличало ее от ближайшего спутника - Прото-Луны и привело за 4 млрд лет к формированию земного ядра, процесс который продолжается и сейчас за счет осуществляется гравитационной дифференциации мантийной составляющей планеты.

На начальных этапах примерно 600 млн лет в катархее в крипотектоническую эпоху происходил медленный разогрев ее недр, который дополнялся приливными воздействиями Луны. Тектономагматическая активность смогла проявиться только тогда, когда температура в недрах Земли поднялась до возможности переплавления земного вещества. Примерно 4 млрд лет тому назад Земля сформировала астеносферу, что в сочетании с приливными взаимодействиями привело к ускоренному отдалению Луны от Земли. Очень важные процессы происходили в это время на Луне, которая, собирала из околоземного пространства все малые космические тела и испытывала активную бомбардировку своей поверхности, что привело в конце концов к разрушению ее анортизитовой коры и активным излиянием базальтовых расплавов.

По данным В.Е.Хаина эти два события - начало тектонической деятельности на Земле и базальтовый магматизм на Луне взаимно связаны и привели, в частности, в конце концов к выделению и росту в центре нашей планеты плотного оксидно-железного земного ядра. В течение первых 600 млн лет Земля обладала разреженной атмосферой, состоящей из благородных газов и отличалась полным отсутствием гидросферы.

По В.А.Зубакову (1997), ландшафты на поверхности земли в самом начале ее существования были по нашим представлениям весьма мрачными. Это была суровая неприветливая холодная пустыня с черным небом с немерцающими яркими звездами и одновременно слабогреющим желтым Солнцем. Появляющаяся Луна была огромным ярким диском без пятен морей. Вся поверхность Земли была покрыта кратерами, которые под действием непрерывных приливных землетрясений были постепенно



сглажены и перекрыты мощным слоем реголита. В целом поверхность Земли мало изменилась, только в экваториальной зоне поверхностное вещество было раскаленным из-за ливневого выпадения каменных и железных обломков из спутниковых роев в околоземном пространстве.

Солнце пересекало небосвод за три часа, чтобы через три часа снова подняться над горизонтом. Движение Луны было медленнее, так она вращалась в ту же сторону, что и Земля, и фазы Луны сменялись всего за 8 часов. Видимая площадь диска Луны была в 300-350 раз больше современной и так как Луна была горячей планетой, то диск светился темно-красным цветом и даже обогревал Землю. Луна вращалась вокруг Земли по орбите с радиусом примерно в 25 тыс. км (сейчас радиус лунной орбиты составляет примерно 384,4 тыс. км). Это в сочетании с большими размерами Луны приводило к тому, что амплитуда лунных приливов достигала 1,5 км. Лунные же приливы следовали за Луной и каждые 18-20 часов потрясали земной ландшафт. К концу катархея лунные приливы снизились до 7 м, а сейчас составляют в твердой Земле вблизи подлунной точки достигают 45 см. Быстрое отдаление Луны от Земли в катархее обусловило невозможность перегрева и переплавления Земли и привело к постепенному снижению приливной сейсмичности. Следует заметить, что сейсмичность носила в это время исключительно экзогенный характер, так как никакой тектонической деятельности на Земле еще попросту не было. Земное вещество было практически стерильным за счет воздействия жесткого космического излучения, а также было лишено летучих форм, которые, если и образовывались, то сразу же сорбировались поверхностью высокопористого реголита и медленно перемещались в ее недра. Газы же устранились активным излучением молодого Солнца.

В наступившем архее на Земле начали проявляться более сложные внутренние эндогенные процессы, которые явились следствием гравитационного разделения земного вещества с выделением ядра, силикатной мантии и астеносферы, активизацией радиоактивного распада элементов в приповерхностных зонах и продолжавшимися приливами взаимодействиями с Луной.

В.А.Зубаков, ссылаясь на работы ряда специалистов и идеи В.Эльзассера, утверждает, что начало дифференциации земного вещества было положено путем выплавления из него металлического железа на границе верхней мантии. В целом за счет реализации приливной энергии сформировалась довольно своеобразная структура Земли, распространявшаяся от экваториальной зоны, зона тяжелых расплавов железа и его окислов перекрывала холодное вещество умеренной плотности (плотность отличалась почти в 1,5-2 раза). Такая структура была гравитационно неустойчивой, что должно было привести к разрушению системы, чего, однако не произошло. Холодная сердцевина постепенно выдавилась к одному из полюсов Земли, а стекание тяжелых железных расплавов осуществлялось через противоположный полюс, чему способствовало то, что главная ось момента инерции Земли совпадала с осью ее вращения.

Примерно 2,7-2,6 млрд лет тому назад в конце архея за весьма короткий период времени у Земли сформировалось плотное ядро и это же время характеризуется исключительной плитонической активностью. Примерно тогда же все первозданные ландшафты Земли были разрушены, вся первичная литосфера погрузилась в недра горячей мантии, началось деформирование первичных тектонических структур. Перепад высот на земной поверхности был весьма небольшим - до 1,5-2,0 км. К концу архея сформировался мелководный мировой океан, за счет образовавшейся в магматических процессах воды. Луна уже в меньшей степени оказывала приливное воздействие, так как удалилась более чем на половину от современного расстояния, хотя лунные приливы высотой около 0,5 метров деформировали земную поверхность примерно каждые 5 часов. Скорость вращения Земли была еще достаточно большой, сутки были равны примерно 19 часам, а в году было 460 суток.

Неблагоприятные условия для развития жизни на Земле сохранились практически до начала протерозоя, до тех пор пока не начал действовать процесс дегазации земного вещества. В самом начале этого процесса, еще в конце катархея, большая часть формировавшейся воды и других элементоорганических соединений поглощались реголитом, но при этом его высокая пористость и исключительная сорбционность создавали определенный благоприятный фон для образования сложных органических соединений. Определенную роль здесь играло наличие в реголите и вулканических пеплах в значительных количествах в свободном состоянии таких элементов как, хром, железо, кобальт, никель, свинец, платину, которые, как известно, обладают каталитическими свойствами в процессах синтеза органических веществ. Таким образом, по представлениям В.А.Зубакова, на базе идей В.И.Вернадского и

И.Пригожина в истории Земли примерно 4 млрд. лет тому назад в результате контакта прото-Луны и Земли при поглощении Землей расплавленного ядра Прото-Луны, Землей кроме значительного объема вещества была получена дополнительная энергия для дифференциации геоболочек, для появления сильного геомагнитного поля и атмосферы в виде плотной и мощной газовой и паровой оболочки. Благодаря ей на Земле появилась свободная вода насыщенная биогенами - Н, С, N, O, P, S, которые выделились за счет перемива реголита, вещества поверхности планеты, сформированного, в частности, за счет выпадения космической пыли. По мере дегазации Земли и развития гидросферы, возникшие в реголите примитивные формы жизни, в виде простых ассоциаций сложных органических молекул или образований, содержащих рибонуклеиновые кислоты смогли быть перемещены в воду, сформировавшегося Мирового океана. Эта вода, образно говоря, была "животворной". Именно в ней осуществилась по предположению В.А.Зубакова "хиральная" революция - революция разделения вещества на элементарные составляющие жизни - накопление левоориентированных стереоизомеров аминокислот и правоориентированных сахаров. Дальнейшее совершенствование жизни должно было происходить по биологическим законам развития живой материи такими как "фильтрующие" свойства внешней среды и направленное гравитационное давление.

В обычных космических условиях, по данным исследований метеоритов, "левые" и "правые" стереоизомеры существуют в примерно равном соотношении. На Земле же возникла определенная дисимметрия в их содержании, что собственно и послужило толчком для дальнейшей эволюции элементов жизни. По гипотезе А.Кернс-Смит (В.А.Зубаков, 1997) такая дисимметрия явилась следствием накопления аминокислот в дефектах кристаллической решетки глинистых минералов. Глинистые же минералы обладают магнитными свойствами и в процессе своего образования при выветривании первичных полевых шпатов были ориентированы по магнитному меридиану. Так, что дисимметрия образовалась за счет магнитного взаимодействия между Землей и Прото-Луной. Данный факт ранней истории Земли был началом изменений в химической эволюции земного вещества особенно в ее поверхностной зоне. Химическая эволюция разделилась на две "руки" ("хирос" - по-гречески - рука) - водородные осадочные минералы, которые отличаются вполне четкой внутренней симметрией - полимеры на углеродной основе, дисимметричные по своему строению. Далее последовало разделение на нуклеотиды и белки, появление генов, образование клетки и так далее до формирования собственно биосферы. Естественно высказанное беглое рассуждение не описывает ни длительности, ни мучительности развития жизни на Земле.

В катархее и архее, на отрезке времени между 4,0-2,8 млрд лет тому назад, когда, сформированная к этому времени атмосфера значительно уплотнилась и насытилась различными парами, за счет исключительно активной вулканической деятельности. Это привело к тому, что солнечный свет не достигал поверхности Земли. Высокая плотность атмосферы даже при весьма низкой светимости Солнца (примерно в 4 раза меньше современного) привела к формированию высокого парникового эффекта. Следствием этих факторов стал ровный очень теплый климат с температурами в диапазоне 200-400°C. Мелкие, пересыщенные солями обширные моря были сосредоточением проявлений жизни. Органический мир был представлен, как пишет В.А.Зубаков, доядерными бессмертными микроорганизмами - прокариотами. Прокариоты были гетеротрофными архебактериями, дышащие метаном и производными серы. Прокариоты не обладали оформленным клеточным ядром и типичным хромосомным аппаратом. Наследственная информация реализовывалась через ДНК.

При ослаблении вулканизма в конце катархее и особенно на последних стадиях архее, примерно на этапе 3,0-2,5 млрд лет тому назад произошли существенные изменения в атмосфере Земли, которая стала значительно тоньше и несколько прозрачнее. В еще весьма облачной атмосфере появилось Солнце и хотя его светимость несколько увеличилась, но отсутствие "обогрева" за счет вулканизма привело к практическому исчезновению парникового эффекта. Следствием стало существенное похолодание климата, температура снизилась сначала до 80-50°C, а затем вовсе до 10-4°C. Моря и океаны увеличились по площади и стали значительно глубже, на больших глубинах установилась весьма постоянная, но достаточно низкая температура. На материках, особенно в высоких широтах Земли началось первое в геологической истории покровное оледенение, продолжавшееся около сотни миллионов лет.

В этих, уже достаточно суровых, относительно прежних, условиях произошли определенные изменения в органическом мире Земли. В дополнение к архебактериям и зубактериям появились автотрофные цианобактерии. Зубактерии или эукариоты, которые к этому времени получили достаточное развитие, представляли собой уже оформленные клеточным ядром образования, отделенным от цитоплазмы ядерной оболочкой. Генетический материал был сформирован в хромосомах. В клетках уже имелись митохондрии, пластиды и другие органоиды. Появление же цианобактерий, использовавших для дыхания азот привело в конечном итоге к постепенному вытеснению архебактерий и зубактерий это в результате эволюции сделало цианобактерии жизненными монополистами. По В.А.Зубакову, 1997, цианобактерии имели очень важную особенность, чрезвычайно существенную для дальнейшего развития органического мира. Этой особенностью было то, что они при поглощении азота, выделяли в окружающую водную среду кислород, который в целом был продуктом их жизнедеятельности. Для существовавших же на Земле архебактерий кислород был смертельным ядом. Здесь следует сделать некоторое геологическое отступление.

Геологические данные говорят о том, что фотосинтезирующие одноклеточные микроорганизмы водоросли, способные окислить железо появились еще в раннем архее (около 3,8 млрд лет тому назад), подтверждением чего является наличие железорудных формаций, сложенных окислами трехвалентного железа, в частности, это формация Исуа в Западной Гренландии.

Начиная с архея, масса свободной воды на Земле была сравнительно малой, что позволяет достаточно условно называть имевшиеся тогда моря "мировым океаном". Породы земной коры подвергались органической гидрации и углекислый газ весьма слабо связывался в карбонатах, что обусловило повышенное парциальное атмосферное давление.

В атмосфере было весьма мало кислорода, хотя отмеченные выше цианобактерии уже производили его в заметных количествах. Дело в том, что произведенный ими кислород, а также кислород, попутно появившийся в других химических реакциях активно связывался свободным (металлическим) железом в мантийном веществе, которое активно выносилось на поверхность планеты в рифтовых зонах и реагировало с компонентами атмосферы и гидросферы. Масса произведенного кислорода по расчетным оценкам соответствовала или было даже меньше способного к связыванию его выносимого из недр железа. Атмосфера в раннем протерозое (примерно 2 млрд лет тому назад) состояла только из азота, малого количества водяного пара, аргона и сотых долей процента углекислого газа (окись углерода полностью отсутствовала).

Резкое падение парциального давления углекислого газа вызвало глобальные климатические изменения: исчез парниковый эффект и температура на поверхности Земли резко упала, наступил указанный выше первый на Земле ледниковый период.

Главным же в эволюции жизненных процессов фактором стал именно процесс перехода атмосферы к нейтральному состоянию относительно активности углекислого газа. Это как бы подхлестнуло в развитии эукариоты, которые стали приобретать новые формы одноклеточных организмов и водорослей с выделенным обособленным ядром и другими внутренними структурами.

Металлическое железо исчезло из верхних зон мантии лишь на границе протерозоя и фанерозоя и это сразу же привело к тому, что механизм связывания кислорода с двухвалентной гидроокисью железа перестал действовать. Кислород стал накапливаться в атмосфере и его парциальное давление стало резко повышаться. Этот процесс продолжался почти до конца протерозоя - венда.

Необходимо остановиться также на том факте, что фитопланктон объемом своей биомассы во многом обязан растворенным в воде соединениям фосфора. Геологическими данными установлено, что концентрация фосфорных соединений была всегда в равновесном состоянии, относительно базальтов океанической коры и практически равной современной. Это значит, что в протерозое биомасса фитопланктона в океане соответствует современной. Весьма важным экологическим обстоятельством следует также признать, что в связи с отсутствием в протерозое, да и в самом начале палеозоя наземных растительных форм, захоронение органического углерода в форме углей или углеводородов обеспечивает накопление кислорода в атмосфере. Этот процесс в протерозое был весьма мощным, так как в океанах господствовала восстановительная обстановка, поэтому осадконакопление из фитопланктонного материала проходило без окисления.

Однако пока не прекратился процесс “подачи” железа из рифтовых зон практически весь кислород был обречен на связывание. Когда же около 2 млрд лет тому назад запасы активного железа были практически исчерпаны, то на Земле свершилась геохимическая революция - с этого момента земная атмосфера и океаническая гидросфера стала превращаться из восстановительной в окислительную. Кислород, по тем понятиям, стал отравлять окружающую среду - случился первый - прерифейский - глобальный экологический кризис, пик которого пришелся примерно на время 1,7-1.8 млрд лет тому назад.

Как пишет В.А.Зубаков, он отчетливо фиксируется появлением в материковых отложениях ожелезненных красных песчаников, что свидетельствует о том, что в атмосфере количество кислорода достигло “точки Юри” - одной тысячной доли современной концентрации.

Самым первым следствием кризиса была гибель подавляющего числа архебактерий в земном океане. Из их остатков сформировались огромные скопления нефти, газа, графитов в отложениях рифея. Вторым важным следствием стало разделение биосферы на две принципиально отличные по жизненным принципам ветви, кстати весьма неравнозначные по объему. Исходная биосфера восстановительного характера уцелела только в донных, преимущественно в глубоких зонах, где сформировались локальные резерваты хемобиосферы. На земной поверхности воцарилась оксобиосфера, при этом освободились значительные по объемам экологические ниши. Дальнейший процесс развития новых форм жизни изучен еще слабо, наибольшую обоснованность в его описании имеет теория эндосимбиоза развития по Л.Маргулис. В.А.Зубаков (1997 г.), так описывает ее основные положения: в результате многоэтапных коопераций доядерных органелл с гипотетическим протоядерным организмом уркариотом (по-гречески - творящийся ядерный) возникло новое направление в жизненных формах. Вначале появилась вышеназванная крупная ядерная клетка - зукариот, способная дышать кислородом и генетически активная, совершенствующаяся путем мутаций. Именно генетическая активность резко усилило эволюционный процесс, а главное появилась возможность бесконечного усложнения жизненных форм. И, в частности, кроме всего прочего жизнь на Земле невозможна без бактерий особых форм, которые определяют завершенность жизненных циклов, а именно выполняют важнейшую функцию деструкции органического материала, синтезируемого зукариотами.

В раннем палеозое (кембрии и ордовике) в водной среде океанов происходило постепенное усложнение жизненных форм, дышащих кислородом, растворенным в воде. От одноклеточных, затем многоклеточных мягкотелых - медуз, червей и им подобным и, наконец, скелетных - раковинных моллюсков и рыб. Дальнейшее повышение парциального давления кислорода в земной атмосфере и растворенного в воде кислорода в гидросфере привело к тому, что в начале фанерозоя были заложены генетические основы для возникновения и дальнейшего совершенствования практически всех типов скелетных и бесскелетных животных, а также к завоеванию и развитию жизненных форм на суше, к активному совершенствованию форм растительности и эволюции микроорганизмов. В геологическом отношении на протяжении фанерозоя земная поверхность переживала активные процессы трансгрессии и регрессии океана, формировались и распадались древние материки остатки Пангеи, вплоть до образования и последующих преобразований Северной Лавразии и Южной Гондваны, вплоть до практически современного положения и конфигурации материков. Глобальные движения в земной коре имели значительное влияние на эволюцию жизненных форм, но это не является предметом нашего изучения и поэтому мы остановимся только на общих характеристиках эволюции биосферы на нашей планете вслед за описанием данным В.А.Зубаковым (1997 г.).

К середине палеозоя - в силуре, девоне содержание кислорода в атмосфере достигло почти 10% от современной концентрации. Одновременно произошли и другие изменения в атмосфере, в частности, проявилась стратификация, сформировался озоновый экран, как результат сложнейших химических реакций с образованием аллотропной модификацией кислорода  $O_3$ . В это время происходило активное освоение жизненными формами земной суши. Первыми завоевателями ее были водоросли и древние, еще бесскелетные рыбы, которые из океана и морей сначала перебрались в озера и реки, где сформировали скелет и плавники, а затем, перебирались из водоема в водоем в виде кистеперых рыб заложили возможность образования амфибий, оснащенных легкими и лапами. Из растений на суше появились первые высшие формы - примитивные риннофиты. Это в общем-то была новая знаковая точка в эволюции - были созданы предпосылки к цефализации животного мира.

В позднем палеозое отмечается значительный расцвет жизненных форм на суше как среди растений, так и сухопутных позвоночных. На границе перми и триаса, т.е. на переходе от палеозоя к мезозою, почти целиком исчезли четырехлучевые кораллы, трилобиты, фузулиниды и появились гастроподы, двусторонки, рептилии. Последние заняли господствующее положение среди животных на суше. В морской фауне преобладали белемноидеи, аммоноидеи и др.

Очень значительный, носящий катастрофический характер, рубеж в эволюции биосферы отмечается на границе мезозоя и кайнозоя (между меловым и палеогеновым периодом). Большое количество групп животных вымирает почти полностью (аммоноидеи, белемноидеи, а также динозавры, ихтиозавры и другие рептилии), появляются новые моллюски и явный толчок в развитии получили млекопитающие. Значительные изменения произошли и во флоре, особенно среди покрытосемянных. До половины всех родов к началу палеогена вымерли, причем это случилось настолько быстро, что по мнению многих исследователей это не может быть объяснено исключительно факторами развития Земли и поэтому были сделаны попытки найти причины этого в окружающем Космосе. Естественно отрицать факт влияния космических факторов на развитие Земли полностью нельзя, но нам представляется, что по мере накопления геологических и палеонтологических знаний многое будет объяснено земными причинами.

Действительно, изменение пространственного расположения, размеров и формы как континентов, так и океанов оказывало существенное воздействие на мощь и на структуру океанских течений, на распределение и на характер сезонных колебаний температуры, а следовательно, и на распределение климатической зональности и биологической продуктивности, т.е. на формирование экосистем.

подавляющее большинство, до 90%, всех видов морских животных обитает на континентальных шельфах или на мелководьях до 200 м. Разнообразие и количество морской фауны уменьшается по мере увеличения широты, до полярных регионов, где оно почти в 100 раз меньше, чем на тропическом шельфе. Степень биоразнообразия четко коррелирует с изменением устойчивости пищевых запасов, которые зависят от климатических изменений. Используя метод актуализма становится возможным, на основании глобальной модели конечной кинематики главных литосферных плит, а также данных о генеральных изменениях уровня Мирового океана и климатических трансформаций объяснить характер изменений числа семейств как в мелководной, так и в определенной мере, глубоководной и наземной фауне и, отчасти, флоре. Вполне четко на этих палеореконструкциях географии и климата возможно объяснение массовой гибели многих видов на границах палеозоя и мезозоя, мезозоя и кайнозоя.

Наряду с климатическими факторами, значительную роль играли глобальные и региональные химические изменения состава степени солености и качественного состава вод Мирового океана. Например, хорошо известна массовая и быстрая гибель многих кораллов на океанических островах в начале позднего мела. Но именно в это время отмечена последняя из известных глобальная трансгрессия, которая привела к тому, что карбонаты из океана наполнили мелководные значительные по площади континентальные моря и к перекрытию ими отложения мела. Уменьшение концентрации карбоната кальция в океане разрушило океанические экосистемы для многих моллюсков, например, рудистов.

Палеомагнитные реконструкции, т.е. установление истории развития и трансформаций магнитного поля, показывают также на весьма ощутимую его роль на биологическую эволюцию палеофауны и в определенной мере палеофлоры. Недавно были получены данные о том, что некоторые виды радиолярий чувствительны к магнитным инверсиям. По палеоданным около дюжины видов радиолярий, некогда обитавших в различных акваториях в площади современного Тихого океана, вымерли геологически мгновенно и повсеместно примерно 2,5 млн лет назад на рубеже так называемой палеомагнитной эпохи Гаусс.

Как утверждает Е.П.Дубинин (1997) современное развитие эволюционной палеонтологии имеет существенную возможность для определенных экологических реконструкций. В мезозое, как известно, высочайшего расцвета достигли рептилии, пресмыкающиеся, которых за 200 млн лет сформировалось примерно 20 их отрядов. В кайнозое же максимальный расцвет пришелся на млекопитающих, причем примерно за 70 млн лет образовалось уже 30 их отрядов. Это объясняется сравнением условий развития рептилий и млекопитающих. Бурное развитие рептилий совпадает с образованием Пангеи, с регрессией

океана и мягким климатом. В целом в этих условиях во всех пределах суши существовала единая экологическая провинция и практически не было экологически изолированных или полуизолированных провинций. А это, как известно, не располагает к формированию разнообразия среды обитания рептилий, что подтверждается фактом того, что в самом конце палеозоя, когда сформировались более или менее изолированные материковые фрагменты и именно в это время из 20 отрядов сформировалось более чем 10 новых отрядов рептилий.

В начале кайнозоя, когда Пангея практически разрушилась, на отдельных осколках материков существовало некоторое количество отрядов примитивных млекопитающих. Именно “разбегание” материков в позднем мелу тогда, когда млекопитающие приобрели тенденцию к расцвету, привело к определенной изоляции отдельных континентов и при морской трансгрессии и к формированию почти полностью отдельно развивающихся экологических провинций. А это привело к возникновению множества отрядов млекопитающих. В позднем же кайнозое несколько материковых фрагментов соединились, что выразилось в вымирании 13 отрядов сухопутных млекопитающих. При этом в конкурентной борьбе выжили те, которые в палеогене и начале неогена развивались в “пограничных” (“опушечных”) экологических провинциях.

Намеченная выше линия эволюции биосферы с моментом начала цефализации (от греческого - кефал - голова), приобрели способность реагировать на окружающий мир, то есть чувствовать, с этого момента стала резко менять свою кривизну, начала интенсивно расти. Именно в это время к концу мезозоя свершилось величайшее изобретение в жизненных формах, изобретение амниотического яйца. Яйцо разительно отличается от икринок, и как известно содержит в себе всю необходимую для дальнейшего развития зародыша среду, включая даже запасы воды. Амниотические яйца могли быть в связи с этими особенностями оставлены в самых недоступных для хищников местах и рептилии получили уникальную возможность страхования продолжения жизни. Это в целом и предопределило в тех глобальных экологических условиях - соотношениях, конфигурации океана и материков, химизме атмосферы и гидросферы, геомагнитной обстановке и космических факторах - расцвет рептилий.

Освоение суши в последующие геологические эпохи растениями, совершенствование которых тоже было весьма активным, сформировало на континентах наиболее сложную из всех известных экосистем - лес. Высшая форма эукариотов, адаптировавшаяся к лесу в кайнозое в результате изобретения плаценты в форме млекопитающих получила в новой экологической обстановке преимущество как теплокровных над холоднокровными рептилиями. Среди млекопитающих именно в лесу появился новый лидер эволюции - приматы. Это довольно слабое, весьма скромных размеров животное без средств защиты и нападения в виде когтей, бивней, панциря и т.п., имело удивительную способность к совершенствованию. Они достаточно быстро приобрели хватательные способности и стереоскопическое зрение, что позволило и получить преимущества в защите и нападении, в частности, за счет уникальной способности к совершению сложнейших прыжков. Приматы быстро освоили наиболее продуктивную верхнюю зону леса, сохранив возможность посещения поверхности земли и совершения путешествий между лесными массивами. Появление среди приматов человека, точнее его прямых предков примерно 2 млн лет тому назад (по некоторым данным, например, публикациям А.Лики гораздо раньше около 10 млн лет тому назад) в геологическом (палеонтологическом) смысле событие незначительное. Но в информационном смысле, показателя темпов эволюции, появление рода *Homo sapiens* предшествовало образованию человеческого общества как значительного фактора во взаимодействиях с биосферой Земли, что как показывает современный опыт имеет принципиальное значение.

Разные подходы к оценке факторов, создавших человека обуславливались в конечном итоге уровнем научного знания и его интерпретациями. Вполне определенное время господствовало среди значительного числа специалистов представление о том, что “труд сделал человека из обезьяны” (Ф.Энгель “Диалектика природы” 1882, 1925 г.). Однако еще задолго до появления прямых предков приматы обладали способностью использовать орудия труда (палкой - эпизодически еще 10-15 млн лет тому назад), камнем - 2-3 млн лет тому назад. Во многом это было следствием просто изменений в климате - леса превратились в саванны и для защиты и нападения, способные к подражанию приматы “вооружились когтями из палок” и увеличили свою силу за счет веса камня в руке-лапе. Австралопитеки собирали пищу в виде кореньев, плодов, падали и мелких живых организмов, использовали эти орудия труда опять же эпизодически, фрагментарно передавая этот навык в наследственной памяти, не

формируя его адаптационной сущности. В.А.Зубаков пишет, что австралопитеки в виде небольших стад в 10-20 особей существовали в саванне и, невзирая на эпизодическое пользование орудиями труда, подчинялись правилам биологического доминирования. Стадо возглавлялось сильнейшим самцом, что приводило к тому, что при доминировании потомства именно этим самцом, потому что эструс-время половой возбудимости - у самца австралопитеков не превышал, как и у обезьян, 5-6 дней.

Важнейшим следующим этапом в развитии, точнее в создании собственно человека, была сексуальная революция, которая отделила собственно человека от животных. Это утверждения В.А.Зубакова мы считаем биологически и экологически обоснованным. Именно этот этап резко изменил течение эволюции, произошел новый качественный скачок в развитии приматов - пралюдей. Сексуальная революция свершилась внутри стада австралопитеков, возможно только в одном случайном стаде, когда у одной из самок опять же случайно в результате мутаций эструс стал постоянным. Считаем весьма важным процитировать слова В.А.Зубакова ("Проблема устойчивого развития России", М.1997 стр.177): "Появление первой женщины (Евы - Прародительницы, прим. автора), то есть самки с постоянной половой возбудимостью, в корне изменило взаимоотношения самцов и открыло путь к количественному росту стада, а значит и числа добытчиков и охранников. Мяса стало достаточно для всех, в том числе и для стариков, которые заготавливали и обрабатывали камни для охоты и при этом могли обучать детей". В целом сформировались условия для замены биологического доминирования в таком стаде на социальные. Естественным, что единственный случай такой мутации не мог в корень изменить все сложившиеся взаимодействия во всех стадах австралопитеков, но возможная наследственная передача способности к постоянному эструсу при большом количестве потомства и вероятная предрасположенность самок австралопитеков к такой мутации в других стадах в целом создали предпосылки к социальной революции и сформировали *Homo sapiens*.

Сложившиеся новые условия в существовании предков человека значительно стимулировали развитие мозга за счет возможностей передачи информации от ее носителей, имеющих жизненный опыт. Одним из дополнительных факторов формирования социальных отношений стала необходимость поддержания огня. Пралюди весьма длительный период времени не умели разводить огонь, но поддерживали его десятками лет, а для этого нужно было иметь вполне определенные уже отнюдь не биологические взаимоотношения внутри стада. Как пишет В.А.Зубаков, костер был исключительной точкой, вокруг которой начала зарождаться система обмена культурной информацией - возникла знаковая система и, наконец, язык и его носитель - Учитель. Собственно, это и стало началом Социума (общества людей).

Дальнейшее развитие человека как одного из представителей биосферы довольно значительный период времени находилось в соответствии с окружающей средой, люди чувствовали себя частью природы и находились с ней в реальном гомеостазе. Собственно в это время человек сформировал первые мифологические представления об окружающем мире, именно в это время человек "обожествил" природу и одновременно "оживил" и "очеловечел" ее. Это продолжалось практически весь палеолит и только в неолите возникли серьезные конфликты с природной средой, что выразилось в квазиглобальном экологическом кризисе. Человек к этому времени освоил навыки загонной охоты с огнем, не нанося серьезного урона животным до тех пор пока не возникли изменения глобального уровня, не наступила пора межледниковья с резким потеплением, что нанесло серьезный удар по предмету охоты человека, по мамонтовой популяции и по крупным копытным. Резкое снижение запасов пищи поставило в свою очередь популяцию человека на грань почти полного исчезновения. Выход из кризисной ситуации в неолите был найден в переходе человека к земледелию и скотоводству. С этого времени и начинается эпоха развития человеческого общества, изучение которой является предметом исторической науки. Мы правда вернемся к рассмотрению исторических аспектов взаимодействия человека и природы, но с экологических позиций в соответствующем разделе учебника.

### **Краткое описание современной гипотезы возникновения жизни.**

По мере формирования структуры планеты происходило перемещение химических элементов и их соединений: легкие из них, такие как  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  и др. оставались на поверхности, а тяжелые перемещались вглубь. Атмосфера состояла из свободного водорода и его соединений ( $CH_4$ ,  $NH_3$ ,  $HCN$ ,  $H_2O$ ) и носила восстановительный характер. Академик А.И. Опарин считал, что именно это было главной

предпосылкой возникновения органических молекул небιологическим путем. Еще в XIX веке было установлено, что органические молекулы можно синтезировать в лабораторных условиях (Ф.Велер), но большинство ученых все равно считали, что эти соединения возникают исключительно в живых организмах (отсюда собственно и их название - "органические"). Но астрономы обнаружили метан в составе атмосферы Сатурна, Юпитера и в ряде туманностей; принципиально было доказано, что простейшие углеводороды могут образовываться в космическом пространстве, а это означает, что они могли входить в состав первичной атмосферы Земли. Вместе с другими компонентами - аммиаком, водородом, синильной кислотой, парами воды - подвергались воздействию различных источников энергии: жесткому, близкому к рентгеновскому, ультрафиолетовому от Солнца, высокой температурой при вулканических извержениях и в зонах грозových разрядов. В результате создавались условия для протекания все более сложных реакций. Возникали молекулы сахаров, аминокислот, азотистых оснований, органических кислот и т.п. С.Миллер в 1953 году экспериментально подтвердил возможность таких превращений. В своей знаменитой "колбе Миллера" он пропустил электрический разряд через смесь  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$  и  $NH_3$ , получил набор из нескольких аминокислот и органических кислот. Далее было установлено, что абиогенным путем в отсутствие кислорода синтезируются многие простые органические соединения, входящие в состав биологических полимеров - белков, нуклеиновых кислот и полисахаридов. Органические соединения были обнаружены в космическом пространстве, в частности, цианистый водород (HCN), формальдегид, муравьиная кислота, этиловый спирт; в некоторых метеоритах были найдены жирные кислоты, сахара, аминокислоты.

В условиях первичной атмосферы и гидросферы Земли происходила конденсация простейших органических соединений, в результате чего образовывались первичные полимеры - полипептиды и полинуклеотиды. Надо заметить, что дальнейшего образования более сложных органических веществ требуется гораздо менее жесткие условия, чем для образования простых молекул. По С.Г.Мамонтову (1999), синтез аминокислот из смеси газов, входивших в состав атмосферы древней Земли, происходит при температуре  $1000^{\circ}C$ , а превращение их в полипептид - всего лишь при  $160^{\circ}C$ .

Вполне утвердительно можно сказать, что образование разнообразных органических соединений из неорганических веществ в тех условиях было закономерным процессом химической эволюции.

Первичный океан, по-видимому, содержал в растворенном виде различные органические и неорганические молекулы, попадающие в него из атмосферы и вымываемые из поверхностных слоев Земли. Концентрация органических соединений постоянно увеличивалась, и в конце концов вода океана стала "бульоном" из белковоподобных веществ - пептидов, а также нуклеиновых кислот и других органических соединений. Молекулы различных веществ могут соединяться, образуя многомолекулярные комплексы - коацерваты (рис. ). В первичном океане коацерваты, или коацерватные капли, обладали способностью поглощать различные вещества, растворенные в его водах. В результате этого внутренне строение коацервата претерпевало изменения, что вело или к его распаду, или к накоплению веществ, т.е. к росту и изменению химического состава. Это вело к повышению устойчивости коацерватной капли в непрерывно изменяющихся условиях среды. Нужно сказать, что судьба капли: распад или рост, определялась преобладанием процесса. Академик А.И.Опарин утверждал, что преобладание указанного процесса обуславливалась некоторым отбором коацерватных капель по устойчивости к данным конкретным условиям. Выросшая до определенных размеров "материнская" коацерватная капля могла распадаться на дочерние. Эти образовавшиеся капли начинали расти и повторяли после определенного этапа распад на дочерние. Важным было то, что материнские и дочерние капли были близкими по составу, а отличные от них подпадали под процесс распада. Естественно, что продолжал и существовать только те коацерватные капли, которые, взаимодействуя через элементарные формы обмена со средой, сохраняли относительное постоянство состава. В дальнейшем, как полагает С.Г.Мамонтов (1999), они приобрели способность поглощать из окружающей среды лишь те вещества, которые обеспечивали их устойчивость; вторым приобретенным свойством для них стала возможность выделять наружу продукты обмена. Такие процессы постепенно создали различия между химическим составом капли и окружающей средой. Собственно результатом химической эволюции явилось сохранение только тех коацерватных капель, которые при распаде материнской капли на дочерние не утрачивали своих структурных особенностей и состава, т.е. приобрели важнейшую способность жизни - способность к самовоспроизведению.



Следует сказать, что это наиглавнейшее свойство возникло совместно с расположенностью к синтезу органических веществ внутри коацерватных капель. Важнейшими составными частями этих образований были полипептиды и полинуклеотиды. Между синтезом и свойством самовоспроизведения возникла неразрывная связь. Химические превращения органических соединений привели к образованию полипептидов, обладающих каталитической активностью, т.е. способностью значительно ускорять течение химических реакций.

Полинуклеотиды, как известно, способны осуществлять неферментативный синтез дочерних нуклеотидных связей, т.е. связываться по принципу дополнения или комплементарности.

Следующим этапом небиологической эволюции органических соединений стало объединение способности полинуклеотидов к самовоспроизведению с каталитическими возможностями полипептидов, так как удвоение молекул ДНК (дезоксирибонуклеиновой кислоты) эффективнее осуществляется с помощью белков, обладающих способностью к катализу. При этом стабильность устойчивых комбинаций аминокислот обеспечивается исключительно сохранением информации о них в нуклеиновых кислотах. Связь белковых молекул и нуклеиновых кислот привела к возникновению генетического кода. Последний представляет собой такую организацию молекул ДНК, в которой последовательность нуклеотидов стала служить информацией для построения конкретной последовательности аминокислот в белках.

С.Г.Мамонтов и В.Б.Захаров (1999) пишут, что дальнейшее усложнение обмена веществ у предбиологических структур могло происходить только в условиях пространственного разделения различных синтетических и энергетических процессов внутри коацервата, а также более прочной изоляции внутренней среды от внешних воздействий по сравнению с той, которую могла осуществить водная оболочка. Эту изоляцию стала осуществлять мембрана, которая предположительно возникла следующим образом: вокруг коацерватов, богатых органическими соединениями, возникли оболочки (концентрические слои) жиров, или липидов, отделившие коацерват от окружающей водной среды и преобразовавшиеся в ходе дальнейшей эволюции собственно в мембрану. Появление биологической мембраны, отделившей содержимое коацервата от окружающей среды и обладающей способностью к избирательной проницаемости, предопределило направление дальнейшей химической эволюции по пути развития все более совершенных саморегулирующихся систем, вплоть до возникновения первых примитивно устроенных клеток.

С момента появления клеточных структур химическая эволюция органических соединений сменилась биологической эволюцией.

По предположению академика Б.С.Соколова жизнь на Земле существует 4 млрд 250 млн лет (!). Именно здесь прослеживается граница между отсутствием и наличием жизни на нашей планете. По геологическим масштабам жизнь возникла почти мгновенно - всего за 250 млн лет после образования Земли практически одновременно с формированием Мирового океана. Современные научные данные показывают, что первые клеточные образования появились еще через 1 млрд лет, следы этих первых организмов обнаружены в породах, имеющих возраст 3,1 млрд лет. Размеры этих первых обитателей очень малы (см.рис. ).

Очень многие факторы среды обеспечивали появление жизненных форм на Земле, а в дальнейшем поддерживали и определяли функционирование жизненных форм в условиях нашей планеты. Например, Дж.Бернал установил, что глинистые отложения на дне Мирового океана сослужили роль аккумулятора органических соединений абиогенного происхождения. Ряд специалистов утверждают, что на ранних стадиях существования Земли проходила в космосе через пылевые облака и захватила вместе с космической пылью большое количество органических молекул, образовавшихся в космическом пространстве. Количество этих молекул как считают некоторые ученые соизмеримо с биомассой современной Земли.

### **Краткая летопись жизни на Земле**

**Архейская и протерозойская эры. Докембрий - 4,6 млрд.лет тому назад.**

Земная кора и атмосфера находится в процессе формирования. В течение докембрия древние горные породы подвергались складкообразованию, сдвигам, метаморфизму и эрозии. В раннем докембрии Земля была достаточно горячей. С тех пор она постепенно охлаждается. Первая известная нам эпоха оледенения имела место около 2,3 млрд лет тому назад, позднее в докембрии было еще два

оледенения. Величайшее же оледенение в истории планеты произошло между 1 млрд и 600 млн лет тому назад.

Около 3,5 млрд лет назад появились первые одноклеточные организмы. Примерно 2,8 млрд лет назад, или немногим раньше, возникли первые “фотосинтезаторы” (стромалиты); содержание кислорода стало медленно повышаться. Первые многоклеточные организмы появились около 1,4 млрд лет назад, а первые клетки с центральным ядром - примерно около 1,2 млрд лет назад. В позднем докембрии возникли плоские и сегментированные черви, медузы и иглокожие. Растительность отсутствует.

**Палеозойская эра (“эра древней жизни”). Кембрий.** 570 млн лет тому назад.

Сверхматерик Гондвана занимает экватор и приэкваториальные части планеты. Наряду с Гондваной было еще четыре материка меньших размеров, примерно соответствующих по площади современным Европе, Сибири, Китаю и Северной Америке. В мелких тропических водах формируются обширные строматолитовые рифы. На суше происходила интенсивная эрозия и большое количество осадков сносилось в моря. Содержание кислорода постепенно повышалось. Ближе к окончанию периода началось оледенение, приведшее к понижению уровня воды в морях.

В процессе грандиозного эволюционного взрыва возникло большое число типов животных, многие из которых существуют и сейчас, включая микроскопических ежей, морских лилий и различных червей. В тропиках археоциаты возводили громадные рифовые сооружения. Появились первые твердопокровные животные; в морях господствовали трилобиты и брахиоподы. Возникли первые хордовые. Несколько позднее появились головоногие моллюски и примитивные рыбообразные. Из растительности следует отметить наличие примитивных морских водорослей.

**Ордовик:** 500 млн лет тому назад.

Гондвана находится в южном полушарии, а остальные материки несколько переместились к экватору. “ПраЕвропа” и “ПраСеверная Америка” медленно отходят друг от друга и одновременно океан Япетус расширяется. На протяжении всего периода массивы суши сместились все дальше и дальше к югу. Старые ледниковые покровы кембрия растаяли и в связи с этим произошло поднятие уровня моря. Большая суши сконцентрирована в теплых широтах. В конце периода началось новое оледенение.

Резко увеличивается численность животных - фильтратов, в том числе мшанок (“морских циановок”), морских лилий, плеченогих двустворчатых моллюсков и граптолитов (для последних это было время расцвета). Археоциаты уже вымерли, но строительство рифов продолжилось первыми кораллами и строматопорондеями. Увеличилось число наутилоидей и бесчелюстных панцирных рыб.

Развились различные виды водорослей, а в позднем ордовике появились первые настоящие наземные растения.

**Силур.** 438 млн лет тому назад.

Гондвана надвинулась на Южный полюс. Океан Япетус постепенно начал уменьшаться в размерах и массивы суши “ПраСеверная Америка” и “ПраГренландия” стали обижаться. В конечном итоге они столкнулись, образовав гигантский материк Лавразию. Это был период активной вулканической деятельности и интенсивного горообразования. Начался этот процесс с эпохи оледенения, когда же льды растаяли, то уровень моря повысился и климат стал мягким.

Ругозы ведут активное строительство рифов. Численность граптолитов снижается. В морях процветают наутилоиды, брахиоподы, трилобиты и иглокожие. Вода в морях обладает невысокой соленостью и в ней обитают ракоскорпионы (эвриптериды). Изобилие рыб как в пресной, так и в соленой воде. Появились первые челюстные рыбы - акантоды. Скорпионы, многоножки и как предполагают, эвриптериды постепенно выходили на сушу.

Растения заселили берега водоемов. Преобладание примитивных псилопсидных растений.

**Девон.** 408 млн лет тому назад.

В южном полушарии раскинулась Гондвана. В тропиках продолжается формирование Лавразии. Происходит интенсивная эрозия недавно образовавшихся гор, в результате чего образуются мощные отложения красного песчаника; речные дельты в связи с большим количеством поступающих наносов заболачиваются. Уровень моря к концу периода поднимается. Средние температуры воздуха возрастают, но в целом он становится более резким, и чередованием периодов ливневых дождей и сильной засухи. Обширные площади на материках стали безводными.

Быстрая эволюция рыб, включая акул и скатов, кистеперых и лучеперых рыб. Увеличилось число аммонитов. В морях развились гигантские хищники - эвриптериды длиной до 2 м. В позднем девоне многие группы древних рыб, а также кораллов, плеченогих и аммонитов вымерли. Суша подверглась нашествию множества членистоногих, в том числе клещей, пауков и примитивных бескрылых насекомых. В позднем девоне появились первые земноводные.

Растения сумели отодвинуться от кромки воды, и постепенно обширные районы суши заросли густыми первобытными лесами. Возросло число разнообразных сосудистых растений. Появились споровые ликофиты (плауны) и хвощи, некоторые развились до размеров настоящих деревьев высотой почти в 40м.

*Карбон (каменноугольный). 360 млн лет тому назад.*

Гондвана и Лавразия постепенно сближались и при этом произошло образование новых горных цепей. В раннем карбоне на обширных пространствах образовались мелкие прибрежные моря и болотистые низменности; на большей части суши установился почти тропический климат. Наличие громадных лесов с пышной растительностью способствовали повышению содержания кислорода в атмосфере. Ближе к окончанию периода началось похолодание, и на Земле произошло два крупных оледенения.

В морях появились новые разновидности аммонитов, возросла численность брахиоподов. Ругозы, граптолиты, трилобиты, а также некоторые мшанки, морские лилии вымерли. Это было время расцвета земноводных, а также насекомых - кузнечиков, тараканов, чешуйниц, термитов, жуков и гигантских стрекоз. В позднем карбоне появились первые рептилии.

Дельты рек и берега обширных болот поросли густыми лесами из гигантских плаунов, хвощей, древовидных папоротников и семенных растений высотой до 45 м. Неразложившиеся останки этой растительности со временем превратились в залежи каменного угля.

*Пермь. 286 млн лет тому назад.*

Гондвана и Лавразия еще сблизилась. "ПраИндостан" и Азия столкнулись и возник гигантский суперматерик Пангея. Это столкновение также породило новые горные цепи. Пангея начала перемещаться к северу. Этот период начался с оледенения, которое вызвало понижение уровня моря. По мере движения Гондваны к северу земная кора прогревалась и льды постепенно растаяли. В Лавразии сделалось очень жарко и сухо, по ней распространились обширные пустыни.

Бурно эволюционировали двусторчатые моллюски. В морях в изобилии водились аммониты. Главными строителями рифов постепенно становятся современные кораллы. В ранней перми в пресных водоемах господствовали земноводные. Появились и водные рептилии, в том числе мезозавры. В ходе великого вымирания конца периода полностью исчезло свыше 50% животных семейств, включая многих земноводных, аммонитов и трилобитов. На суше рептилии взяли верх над земноводными.

На южных массивах суши распространились леса крупных семенных папоротников - глоссоптерисов. Появились первые хвойные, быстро заселившие внутриматериковые области и высокогорья.

**Мезозойская эра ("эра средней жизни").** *Триас. 248 млн лет тому назад.*

Гондвана вновь начала разделяться на Гондвану и Лавразию, начал образовываться Атлантический океан. Уровень моря по всему миру был очень низок. Климат, почти повсеместно теплый, постепенно становился более сухим, и во внутриматериковых областях сформировались обширные пустыни. Мелкие моря и озера интенсивно испарялись, из-за чего вода в них постепенно становилась все более соленой.

Динозавры и прочие рептилии стали доминирующей группой наземных животных. Появились первые лягушки, а чуть позже сухопутные и морские черепахи и крокодилы. Возникли также и первые млекопитающие, возросло разнообразие моллюсков. Образовались новые типы кораллов, креветок и омаров. К концу периода вымерли почти все аммониты. В океанах утвердились морские рептилии, такие, как ихтиозавры, а птерозавры начали осваивать воздушную среду.

Возросло разнообразие голосеменных растений, образовавших обширные леса саговников, араукарий, гинкго и хвойных деревьев. В нижней части леса сформировались ковры из плаунов и хвощей, а также пальмовидных беннеттитов.

*Юра. 213 млн лет тому назад.*

Пангея продолжало раскалываться, и море затопило большую часть суши. Происходило интенсивное горообразование. В начале периода климат был повсеместно теплым и сухим, затем стал более влажным.

Увеличилось количество и стали более разнообразными морские черепахи и крокодилы, появились новые виды плезиозавров и ихтиозавров. На суше процветали насекомые, включая предшественников современных муравьев, пчел, уховерток, мух и ос. Появилась и первая птица - археоптерикс. Господствовали динозавры, эволюционировавшие во множество форм - от зауроподов до более мелких быстроногих хищников.

Климат стал более важным, и вся суши поросла обильной растительностью. В лесах появились предшественники нынешних кипарисов, сосен и мамонтовых деревьев.

*Мел.* 114 млн лет тому назад.

С удалением материков друг от друга Атлантический океан, разделяющий Африку и Южную Америку расширился до весьма значительных размеров. Африка, Индостан и Австралия, находившиеся на экваторе и южнее него приобрели направление раздвижения. Море затопило обширные участки суши. Останки твердолопых планктонных организмов образовали на океанском дне огромные толщи отложений пясчистого мела и мелоподобных пород. Поначалу климат был теплым и важным, однако затем наступило весьма заметное похолодание.

В морях возросло количество белемнитов. В океанах господствовали гигантские морские черепахи и хищные морские рептилии. На суше появились змеи, кроме того, возникли новые разновидности динозавров, а также насекомых, таких, как мотыльки и бабочки. В конце с периода произошло гигантское массовое вымирание: исчезли аммониты, ихтиозавры и многие другие морские животные, а на суше вымерли все динозавры и птерозавры.

Появились первые цветковые растения, которые создали "взаимообслуживающие" связи с насекомыми, которые переносили пыльцу и частично ею питались. Эти растения весьма активно распространялись по всему пространству суши.

**Кайнозойская эра ("эра новой жизни"). Палеоген. Палеоцен.** 65 млн лет тому назад.

Южные материки продолжали раскалываться. Южная Америка оказалась полностью отрезанной от остальных участков суши. Африка, Индостан и Австралия разошлись друг от друга на значительные расстояния, при этом Австралия заняла позицию вблизи Антарктиды. Обнажились новые участки суши и произошло дальнейшее понижение уровня моря.

На суше началось время активного развития млекопитающих. Появились грызуны и насекомоядные, "планирующие" млекопитающие и ранние приматообразные. В морях на смену морским рептилиям пришли новые виды хищных костных рыб и акул. Возникли новые разновидности двустворчатых моллюсков и фороминифер.

Продолжали распространяться все новые виды цветковых растений и опылявших их насекомых.

*Эоцен.* 55 млн лет тому назад.

Индостан придвинулся в Азии. Антарктида и Австралия в начале периода располагались рядом, но в дальнейшем начали расходиться. Северная Америка и Европа также разделились, при этом возникли новые горные цепи. Море затопило часть суши. Климат повсеместно был теплым. На суше появились летучие мыши, лемуры, долгопяты; предки нынешних слонов, лошадей, коров, свиней, носорогов и оленей, а также прочие крупные травоядные. Другие млекопитающие, типа китов и сирен, вернулись в водную среду. Увеличилось число видов пресноводных костных рыб. Эволюционировали и другие группы животных, в том числе муравьи и пчелы, скворцы и пингвины, гигантские нелетающие птицы, кроты, верблюды, кролики и полевки, кошки, собаки и медведи и др.

Во многих частях света произрастали леса с пышной растительностью, в умеренных широтах росли пальмы.

*Олигоцен.* 38 млн лет тому назад.

Индостан пересек экватор, Австралия полностью оторвалась и отошла от Антарктиды. Климат стал прохладнее, над Южным полюсом сформировался огромный ледяной покров, что привело к понижению уровня моря.

С распространением степей начался бурный расцвет травоядных млекопитающих. Среди них возникли новые виды кроликов, зайцев, гигантских ленивцев, носорогов и прочих копытных. Появились первые жвачные.

Тропические леса уменьшились в размерах и начали уступать место лесам умеренного пояса, появились и обширные пространства со степной - травянистой - растительностью. Быстро распространились новые виды трав, к которым приспосабливались новые виды травоядных животных.

*Неоген. Миоцен.* 25 млн лет тому назад.

Африка столкнулась с Европой и Азией, образовав Альпы. Индостан “врезался” в Азию и воздвиг Гималаи. По мере наплыва материковых плит друг на друга начали формироваться Альпы и Скалистые горы. Ледниковый покров в южном полушарии закрыл всю Антарктиду, что привело к дальнейшему охлаждению климата. Млекопитающие мигрировали с материка на материк по новообразовавшимся сухопутным мостам, что резко ускорило эволюционные процессы. Слоны из Африки перебрались в Евразию, а в обратном направлении началась миграция буйволов, жирафов, свиней, кошек. Появились саблезубые кошки и обезьяны, в том числе человекообразные. В отрезанной от других материков Австралии продолжали развиваться однопроходные и сумчатые.

Внутриматериковые области становились все холоднее и засушливее и в них все больше распространялись степи.

*Плиоцен.* 5 млн лет тому назад.

Материки почти достигли их современного положения. Громадные ледниковые покровы распространились по всему северному полушарию; такое же оледенение было и в Антарктиде на юге Южной Америки. Климат стал еще более холодным.

Травоядные копытные млекопитающие продолжали бурно размножаться и эволюционировать. Ближе к концу периода сухопутный мост связал Южную и Северную Америку, что привело к грандиозному “обмену” животными между двумя материками. Полагают, что обострившаяся межвидовая конкуренция вызывала вымирание многих древних животных. В Австралию проникли крысы, а в Африке появились первые человекоподобные существа.

По мере охлаждения климата леса заменились степями.

*Четвертичный. Плейстоцен.* 2 млн лет тому назад.

Это была эпоха великого оледенения с чередованием периодов похолодания и потепления и колебаниями уровня моря. Это ледниковая эпоха продолжается и по сей день.

Некоторые животные сумели адаптироваться к усилившимся холодам, обзаведясь густой шерстью к примеру, шерстистые мамонты и носороги. Из хищников наиболее распространены саблезубые кошки, пещерные львы. Это было время расцвета гигантских сумчатых в Австралии и громадных нелетающих птиц типа моа или эпиорнисов, обитавших во многих районах южного полушария. Появились (!) первые люди; многие крупные млекопитающие начали постепенно исчезать.

С полюсов постепенно наплывали льды и хвойные леса уступали место тундре. Дальше от края ледника лиственные леса стали заменяться хвойными. В более теплых областях земного шара раскинулись обширные степи.

*Голоцен.* 0,01 млн лет тому назад.

В течение всего голоцена материки занимают практически современные места, климат очень похож на нынешний, только каждые несколько тысячелетий становясь то теплее, то холоднее. В настоящее время имеет место один из периодов потепления. По мере уменьшения ледниковых покровов уровень моря поднимался.

В настоящий период многие виды животных вымерли, в основном из-за усиленной охоты человека на них; при перемещении животных в другие места Земли возникла новая конкуренция. Человеческая цивилизация постепенно развилась до современного состояния.

С возникновением земледелия крестьяне уничтожали все больше дикорастущих растений, возникли агроценозы, сформировались современные растительные сообщества.

## **Глава 7. Учение В.И.Вернадского о биосфере**

Главным в переосмыслении понятия “биосфера”, которое было сделано В.И.Вернадским - это понимание биосферы как сферы единства живого и неживого. Такое толкование определило взгляд

В.И.Вернадского на проблему происхождения жизни на Земле.<sup>1</sup> Им рассматривались три основных варианта:

- жизнь возникла до образования Земли и была занесена на нее;
- жизнь зародилась после образования Земли;
- жизнь возникла вместе с формированием Земли.

Из этих вариантов В.И.Вернадский придерживался последнего и считал, что нет убедительных научных данных, доказывающих, что в какие-то времена на Земле не существовало живое. В.И.Вернадский был убежден, что биосфера была на нашей планете всегда. Занятия, созданной им биогеохимии при изучении распределения химических элементов на поверхности Земли, привели его к выводу, что за исключением радиоактивных элементов, все химические элементы периодической системы Д.И.Менделеева, входят в живое вещество. В.И.Вернадский сформулировал три биогеохимических принципа:

- биогенная миграция химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению;
- эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию устойчивых в биосфере форм жизни, идет в направлении, усиливающей биогенную миграцию атомов;
- живое вещество находится в непрерывном химическом обмене с окружающей его средой, создающейся и поддерживающейся на Земле космической энергией Солнца. Вследствие нарушения двух первых принципов космические воздействия из поддерживающей биосферы могут превратиться в разрушающие ее факторы.

Данные геохимические принципы соотносятся со следующими важными выводами Вернадского: каждый организм может существовать только при условии постоянной тесной связи с другими организмами и неживой природой; жизнь со всеми ее проявлениями произвела глубокие изменения на нашей планете. Совершенствуясь в процессе эволюции, живые организмы все шире распространялись по планете, стимулируя перераспределение энергии и вещества.

Первым и самым всеобъемлющим из учения о биосфере, который был сделан В.И.Вернадским это: "Можно говорить о всей жизни, о всем живом веществе как о едином целом" - иными словами, - это принцип целостности биосферы. В.И.Вернадский писал: "Твари Земли являются созданием сложного космического процесса, необходимой и закономерной частью стройного космического механизма" (В.И.Вернадский. Биосфера. С.11 и с.22). Это означает, что строение Земли, не просто сложение отдельных частей, а действующий согласованный "механизм". Что же говорит в пользу этого вывода? Это узкие пределы существования жизни: физические постоянные, уровни радиации и т.п. Физические постоянные: константа всемирного тяготения, определяет размеры звезд, температуру и давление в них, влияющие на ход реакции в этих звездах. Если она будет несколько меньше, то звезды будут иметь температуру для осуществления в их недрах термоядерного синтеза; если же температура будет несколько выше, то звезды превзойдут некую "критическую массу" и обратятся в черные дыры. Константа сильного взаимодействия определяет величину ядерного заряда в звездах. Если ее изменить, то цепочки ядерных реакций не смогут привести ("дойти") образованию азота и углерода.

Постоянная электромагнитного взаимодействия определяет конфигурацию электронных оболочек и прочность химических связей - ее изменение делает Вселенную мертвой, что находится в соответствии с "антропным" принципом, по которому при создании моделей развития мира следует учитывать реальность существования человека.

Очень важной глобальной константой является соленость Мирового океана - при условии, что вода - это "всемирный" растворитель, соленость морской воды в среднем 35 ‰ остается постоянной многие миллионы лет. Экологическая значимость этого до конца еще не определена.

Дальнейшими исследованиями было подтверждено, что с экологической точки зрения, живой мир - это единая система, пронизанная взаимообусловленными связями, в виде трофических цепей, потоков энергии и информации. Эти связи настолько взаимно необходимы, что если их небольшая часть будет разрушена, то это может повлечь за собой разрушение и всего остального.

Второй важнейший принцип, выявленный В.И.Вернадским - это принцип гармонии биосферы и ее организованности; в ней все учитывается и все приспособляется с той же точностью, с той же

механичностью и с тем же подчинением мере и гармонии, какую мы видим в стройных движениях небесных светил и начинаем видеть в системах атомов вещества и атомов энергии (В.И.Вернадский, с.24).

Еще одна важная закономерность показанная в основополагающей работе В.И.Вернадского “Биосфера” (с.22), это космическая роль биосферы в трансформации энергии. “Можно рассматривать всю эту часть живой природы как дальнейшее развитие одного и того же процесса превращения солнечной световой энергии в действенную энергию Земли”. Этим самым В.И.Вернадский подчеркивал важное значение энергии и называл живые организмы механизмами превращения энергии.

Космическая энергия вызывает “давление жизни”, которое достигается размножением. Установлено, что размножение организмов уменьшается по мере увеличения их количества. Размеры популяции возрастают до тех пор, пока, как было установлено, среда может выдерживать их дальнейшее увеличение, после чего достигается равновесие и численность колеблется уже вблизи равновесного уровня.

Выше мы уже приводили выводы В.И.Вернадского относительно роли живого в эволюцию Земли как геологического образования, по существу, лик нашей планеты сформирован жизнью.

Растекание же жизни есть проявление ее геохимической энергии, что также было доказано В.И.Вернадским. Живое вещество, подобно газу, растекается по земной поверхности в соответствии с правилом инерции. Мелкие организмы размножаются как известно гораздо быстрее, чем крупные. Скорость передачи жизни зависит от плотности живого вещества.

Одно из принципиальных свойств биосферы, мы рассмотрели весьма подробно, как базовое для создания первичного органического вещества. Это свойство или понятие об автотрофности. Поле существования автотрофных зеленых организмов определяется областью проникновения солнечных лучей, а сами эти организмы извлекают все нужные им для жизни химические элементы из окружающей их косной материи и не требуют для построения своего тела готовых соединений другого организма.

В.И.Вернадский установил, что жизнь целиком определяется полем устойчивости зеленой растительности, а пределы жизни - физико-химическими свойствами соединений, строящих организм, их неразрушимостью в определенных условиях среды. Максимальное поле жизни ограничивается некими крайними пределами выживания организмов. Верхний предел жизни обуславливается лучистой энергией, присутствие которой исключает жизнь и от которой предохраняет озоновый экран. Нижний предел связан с достижением высокой температуры. Интервал в  $433^{\circ}\text{C}$  (от минус  $252^{\circ}\text{C}$  до  $180^{\circ}\text{C}$ ) является предельным тепловым полем.

Биосфера, в толковании В.И.Вернадского, в основных своих чертах представляет собой особый химический “аппарат” по своей конструкции и способу действия неизменяемый с самых древних геологических времен. Жизнь в своей сути оставалась в течение всего геологического времени постоянной, менялась только ее форма. Само живое вещество не является случайным созданием, а возникла закономерно.

Чрезвычайно важным выводом из работ В.И.Вернадского, имеющим огромную экологическую перспективность - это “всюдность жизни” в биосфере. Жизнь постепенно, медленно приспосабливаясь, изменяя свои формы, приобретая новые “способности”, захватила биосферу, и этот “захват” не закончился до нынешнего времени и как показывают исследования будет продолжен в будущем. Поле устойчивости жизни есть результат приспособленности в ходе времени.

Формы нахождения химических элементов по В.И.Вернадскому на нашей планете - это горные породы и отдельные минералы; в форме магмы-огненно-жидкого расплава силикатного состава; в качестве рассеянных элементов и как живое вещество. “Закон бережливости” в использовании живым веществом простых химических тел: раз вошедший элемент проходит длинный ряд состояний и организм вводит в себя только необходимое количество элементов.

Обобщение о постоянстве количества живого вещества в биосфере является справедливым в рамках значительных геологических отрезков времени и оно по В.И.Вернадскому следует из того, что живое вещество является посредником между Солнцем и Землей и стало быть либо его количество должно быть постоянным, либо должны меняться его энергетические характеристики. Количество свободного кислорода в атмосфере того же порядка, что и количество живого вещества ( $1,5 \times 10^{21}$  г и  $1 \times 10^{20} - 10^{21}$  г).

Мы уже останавливались на исключительно важном понятии - об устойчивом равновесии, которому В.И.Вернадский уделил значительное внимание в своих работах. Всякая система достигает устойчивого равновесия, когда ее свободная энергия равняется или приближается к нулю, т.е. когда вся возможная в условиях системы работы произведена. Рассмотрение экологической роли человека в биосфере привело В.И.Вернадского к выдвижению идеи автотрофности человека. На первый взгляд для такого типичного представителя животного мира, типичного гетеротрофа как человек, не возникает мысли о возможности существования его в виде автотрофного организма. Однако это так, если исключить возможность формирования человеком искусственной среды обитания, внутри которой осуществляется пусть даже не в организации человека, а опосредованно синтез первичного органического вещества из простых соединений и соответствующее редуцирование детрита и отходов.

Современные экологические обобщения работ естествоиспытателей приводят к ряду весьма важных обобщений свойств систем:

- высочайшая компактность ДНК ( $5 \times 10^{-15}$  г), содержащейся в оплодотворенной яйцеклетке, например, кита, заключена информация для подавляющего большинства признаков этого животного, которое весит  $5 \times 10^7$  г (масса возрастает на 22 порядка) (Горелов А.А., 1998, с.46);

- способность упорядочивания хаотического теплового движения молекул и тем самым противодействия возрастанию энтропии. Живое потребляет отрицательную энтропию и работает против теплового равновесия, увеличивая, однако, энтропию окружающей среды. Чем более сложно устроено живое вещество, тем более в нем скрытой энергии и энтропии;

- осуществление обмена с окружающей средой веществом, энергией и информацией. Живое способно ассимилировать полученные извне вещества, т.е. перестраивать их, уподобляя собственным материальным структурам и за счет этого многократно воспроизводить их;

- в метаболических функциях большую роль играют петли обратной связи, образующиеся при автокаталитических реакциях. В то время как в неорганическом мире обратная связь между "следствиями" (конечными продуктами) нелинейных реакций и породившими их "причинами" встречается сравнительно редко, в живых же системах обратная связь (как установлено молекулярной биологией), напротив является скорее правилом, чем исключением (И.Пригожин и др., 1986, с.209). Автокатализ, кросс-катализ и автоингибция (процесс противоположный катализу, - если присутствует данное вещество, он не образуется в ходе реакции) имеют место в живых системах. Для создания новых структур нужна положительная обратная связь, а для устойчивого существования (гомеостаза) - отрицательная обратная связь;

- жизнь качественно превосходит другие формы существования материи в плане многообразия и сложности химических компонентов и динамики протекающих в "живом" превращении. Живые системы характеризуются гораздо более высоким уровнем упорядоченности и асимметрии в пространстве и времени. Структурная компактность и энергетическая экономичность живого - результат высочайшей упорядоченности на молекулярном уровне;

- в саморегуляции неживых систем молекулы просты, а механизмы реакций сложны; в самоорганизации живых систем, напротив, схемы реакций просты, а молекулы сложны;

- у живых систем есть прошлое; у неживых его нет. "Целостные структуры атомной физики состоят из определенного числа элементарных ячеек, атомного ядра и электронов и не обнаруживают никакого изменения во времени, разве что испытывают нарушение извне. В случае такого внешнего нарушения они, правда, как то реагируют на него, но если нарушение было не слишком большим, они по прекращению его снова возвращаются в исходное положение. Но организмы - не статические образования. Древнее сравнение живого существа с пламенем говорит о том, что живые организмы, подобно пламени, представляют собой такую форму, через которую "материя в известном смысле проходит как поток" (Гейзенберг Ф., 1989, с.233);

- жизнь организма зависит от двух факторов - последовательности, определяемой генетическим аппаратом, и изменчивости, зависящей от условий окружающей среды и реакции на них индивида. Интересно, что сейчас жизнь на Земле не могла бы возникнуть из-за кислородной атмосферы и противодействия других организмов. Раз зародившись, жизнь находится в процессе постоянной эволюции;

- способность к избыточному самовоспроизводству. "Прогрессия размножения, столь высока, что она ведет к борьбе за жизнь и ее последствию - естественному отбору" (Ч.Дарвин, 1939, с.666).



Вышеперечисленные главнейшие признаки живых систем и подробная систематизация различных форм жизни создала предпосылки для изучения живого вещества как целого, что собственно впервые осуществил своими работами о биосфере великий ученый современности В.И.Вернадский.

По А.А.Горелову (1998) в настоящее время существует концепция, объясняющая эволюцию видов эволюцией природных систем. Если отдельным видам требуется для осуществления эволюционных изменений значительное время, то при переходе на уровень экосистем выясняется, что для их эволюции уже требуется несоизмеримо меньше время. В данном случае естественный отбор протекает среди природных систем, которые меняются в целом, детерминируя изменения всех входящих в систему видов. Естественно, что такая концепция могла возникнуть только после появления теории эволюции Ч.Дарвина так как для нее необходимо было привыкнуть рассматривать экосистемы как целое.

Эволюцию экосистем называют экогенезом, понимаемым как совокупность процессов и закономерностей необратимого развития биогеноценозов и биосферы в целом. Одной из таких закономерностей можно назвать увеличение роли живого вещества и продуктов его жизнедеятельности в геологических, геохимических и физико-географических процессах и усиление преобразующего воздействия жизни на атмосферу, гидросферу, литосферу, в качестве примера достаточно упомянуть о создании кислородной атмосферы на планете. К другим закономерностям относят прогрессирующее накопление аккумулятивной солнечной энергии в поверхностных оболочках Земли, увеличение общей биомассы и продуктивности биосферы и ее информационной емкости, возрастание дифференцированности физико-географической структуры биосферы, расширение сферы действия биотического круговорота и усложнение его структуры, а также трансформирующее воздействие человеческой деятельности.

Последнее заключение имеет чрезвычайно важное значение для нынешней экологической ситуации на нашей планете. Это заключается в следующем, если принимается наличие концепции эволюции, в соответствии с которой высшие уровни организации детерминируют эволюцию низших. В этом случае оказывается, что интенсивное воздействие человека на биосферу может стать импульсом для нарастающих эволюционных изменений на всех нижележащих уровнях: экосистем, сообществ, популяций, видов и даже в отдельных случаях особей (организмов).

## Глава 8. Организация элементов в живых и неживых системах.

Как справедливо отмечает Б.Небел (1993), на протяжении многих лет множество химиков, биологов и других естествоиспытателей потратили значительные усилия на то, чтобы отыскать некую “жизненную” силу, которая обуславливает функционирование живых организмов. Но никакой особой субстанции, никаких указаний на то, что она существует обнаружить не удалось. В конце концов было установлено, что живые организмы состоят из тех же химических элементов, что и окружающий нас воздух, вода, горные породы и почва. Но была обнаружена одна главная химическая особенность отличающая “живое” от “неживого”. Это - сложность слагающих их молекул. Соединения “неживой” природы принципиально просты, хотя некоторые из них состоят из нескольких (до десятков) отдельных атомов. Вода, воздух и минералы горных пород непрерывно взаимодействуют друг с другом, - происходят химические реакции. Но следует сказать, что особого усложнения молекул не происходит.

Другое дело, когда речь идет о “живой” природе. Химическая структура в данном случае основана на сложных молекулах - углеводах, белках, липидах, нуклеиновых кислотах. Эти соединения представляют собой молекулы в составе тканей живых существ образованные в основном атомами углерода (и связанными с ними атомами водорода) и соединенные друг с другом в “цепочки”. В их построении может принимать участие и ряд других главных биогенов и микроэлементов, по общим для всех этих молекул является углерод-углеродные и углерод-водородные связи. Сложность таких соединений колоссальна (некоторые состоят из нескольких миллионов атомов), а потенциальные возможности создания различных комбинаций соединений являются бесконечными. Таким образом обеспечивает абсолютное разнообразие живых организмов.

Все молекулы, которые основаны на структурах из разнообразных углеродных “цепочек” носят название органических и вслед за этим все соединения, в основе которых лежат углеродные и углеродно-водородные связи носят название органических. С химической точки зрения созданные человеком пластмассы и другие близкие к ним материалы можно отнести к органическим, но ничего общего с живыми системами они не имеют. В связи с этим следует выделять природные органические и синтетические органические соединения. Особенностью синтетической органики является то, что в подавляющем большинстве своих представителей, она в природных редуционных процессах не разлагается до простых соединений и при сжигании выделяет не только диоксид углерода, воду и соединения главных биогенов, но и другие химические образования, многие из которых как, например, диоксины токсичны. В любом случае в воздухе, воде и горных породах сколько бы значимых следов органики не обнаружено, если только она не оказалась там при деятельности человека.

Затем при сравнении “живого” и “неживого” показано, что хотя они могут состоять из одинаковых элементов, в том числе и из главных биогенов (N, C, H, O, P, S), но характер организации атомов в молекулах существенно различен (рис.). Как было установлено и будет показано и в дальнейшем изложении: при синтезе, росте, разложении и горении речь идет исключительно не об изменении атомов, не об образовании их, а только о перегруппировке атомов. Это свойственно всем химическим реакциям с органическими природными соединениями. Универсальный характер установленного факта позволяет говорить о том, что для взаимодействий в органических системах полностью выполняется один из главных физических законов, а именно закон сохранения массы. В данном случае его следует сформулировать следующим образом: “атомы в химических реакциях с органическими природными соединениями никогда не исчезают, не образуются и не превращаются друг в друга; они только перегруппировываются с образованием различных молекул и соединений”, В то же время в физике установлено, что при высокоэнергетических ядерных реакциях возможно изменение атомов (превращение атомов одних элементов в другие), но для “живых” систем это не установлено и как полагают практически все биологи является абсолютно нехарактерным, тем более в живых организмах отсутствуют какие-либо радиоактивные химические элементы или радиоактивные изотопы, если они не попали в организмы случайным образом. Можно заключить, что живые организмы ни при каких условиях не могут представлять собой “ядерные реакторы”.

## Глава 9. Функциональные связи в природной среде

Все составные части природной среды: литосфера, атмосфера и распространенная в них биосфера взаимосвязаны, представляя собой единую функциональную макросистему. Одним из элементов строения природной среды, через который осуществляются функциональные связи является ландшафт.

*Ландшафт* представляет собой природное образование, внимание которому уделялось достаточно большое внимание в географической науке, но в последнее время экология рассматривает его как весьма важный компонент в организации и структуре биогеоценозов. В целом ландшафт рассматривают как природное географическое образование:

- совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных предметов и явлений природы, исторически развивающихся во времени и образующих физико-географический комплекс;

- природный комплекс, в котором все основные компоненты (рельеф, климат, воды, почвы, растительность, животный мир) находятся в сложном взаимодействии, образуя однородную по условиям развития единую систему;

- конкретная территория, однородная по своему генезису и истории развития, которая не может быть разделена по каким-либо признакам на более дробные части (зоны), обладающая единообразным геологическим строением, однотипной формой рельефа, общностью климата, единообразным сочетанием водных и температурных параметров, почв, биоценозов и, следовательно, однохарактерным набором фаций, урочищ и т.п. (Реймерс 1990).

В настоящее время выделяют как природные, так и антропогенные ландшафты, а среди последних агрокультурные и вторичные, где преобразования произведенные человеком настолько велики, что изменена связь природных компонентов. Следует сказать, что большинство современных ландшафтов Земли относятся именно к последним, причем некоторые из них являются полностью деградированными, т.е. потерявшими способность выполнять функции воспроизводства здоровой среды.

**Почва.** Многие из составных частей каждой из систем имеют прямые функциональные связи. Почва теснейшим образом связана с гидросферой и атмосферой. В частности, с гидросферой ее связывает вынос почвенных и грунтовых (подпочвенных) вод в водоемы. Выносимые с водой химические соединения из почв во многом влияют на биопродуктивность водоемов. Почва зачастую играет роль фильтра от проникновения в поверхностные воды значительного числа загрязнителей.

Почва выступает также в роли мощного фактора энергетического баланса биосферы при поглощении и отражении потока солнечного излучения и тесно взаимодействует с атмосферными процессами. Установлено, что почвенные процессы участвуют в регулировании влагооборота атмосферы и ее газового режима. По данным наблюдений в США выявлено, что в северном полушарии максимум содержания диоксида углерода в атмосфере наблюдается в мае, затем снижается по мере поглощения его в весенний и летний период при активизации фотосинтеза и вновь возрастает зимой за счет "дыхания" почвы, в высоких же широтах - за счет атмосферного переноса из тропической зоны.

Связь почвы с литосферой исключительно непосредственная, т.к. она возникла собственно на поверхности литосферы и во многом из ее составных элементов. Можно утверждать, что своей "жизнедеятельностью" почва способствует дальнейшему геохимическому преобразованию верхних слоев литосферы. Почва служит источником для образования минералов, горных пород, полезных ископаемых, а также способствует переносу аккумулированной солнечной энергии в подстилающие более глубокие слои земной коры. В настоящее время обосновано утверждать, что почва играет глобальную общественную роль. По И.А.Шилову и как связывающее звено биологического и геологического круговоротов.

Почва - это верхний, плодородный слой литосферы, который как было установлено многочисленными исследованиями, в том числе и работами В.И.Вернадского, обладает рядом свойств, присущих как живой, так и неживой природы. Этот горизонт в геосферах образуется и развивается в результате сложнейшего взаимодействия растительности, животных, микроорганизмов и элювированных (выветрелых) горных пород. Основоположник почвоведения великий русский ученый В.В.Докучаев показал, что почва - это самостоятельное природное тело. В одной из лекций он говорил студентам: "Сегодня я буду беседовать с вами... Затрудняюсь назвать предмет нашей беседы - так он хорош! Я буду

беседовать с вами о царе почв, о главном основном богатстве России... Нет тех цифр, такими можно было бы оценить силу и мощь русского чернозема”.

В.В.Докучаев впервые дал определение понятия “почва” и “почвенный профиль”, выявил главные отличительные свойства раскрыл сущность почвообразовательного процесса.

Почва, как природные образование создавалось тысячелетиями, если не десятками тысяч лет. Процесс почвообразования тесно связан со значимыми экзогенными процессами, в частности, выветриванием. Собственно выветривание - физическое и химическое - создает условия для дальнейших почвообразовательных процессов, т.е. при выветривании горных пород (магматических, осадочных, метаморфических) создается элювий (кора выветривания) различной мощности, состава, условий залегания, степени влажности. Этот процесс чрезвычайно длителен и в нем кроме физического и химического воздействия принимают участие и биологические факторы. Образованная кора выветривания является лишь исходным субстратом. Процесс почвообразования собственно начинается с поселения на этом субстрате микроорганизмов, которые питаются диоксидом углерода, азотом, парами воды из атмосферы, извлекая минеральные компоненты из субстрата, выделяют в результате жизнедеятельности органические кислоты. Это создает возможность поселения лишайников, которые будут весьма неприхотливыми к условиям жизни продолжают обогащать подстилающие минеральные слои органическими соединениями. Далее происходит заселение растениями и животными, что приводит к постепенному образованию специфических органических веществ, в частности, гумуса. Именно гумус и его содержание определяет важнейшее свойство почвы - ее плодородие, т.е. способность обеспечивать рост и развитие растений. Это определяет исключительную ценность для жизни на нашей планете. Выше мы уже отмечали, что почва является одной из гигантских экологических систем, оказывающей решающее влияние на всю биосферу. Почвы участвует в круговоротных процессах, в частности, в поддержании газового баланса атмосферы Земли. Почвы по внешним (морфологическим) признакам и составу существенно отличаются от подстилающих грунтов.

*Гумус почвы* - это устойчивое комплексное образование из ряда органических соединений, которые являются результатом разложения микроорганизмами растительного детрита и остатков животных, продуктов жизнедеятельности организмов, а также сложных физико-химических процессов, протекающих в подстилающих грунтах, например, в глинистых минералах.

Состав органических веществ многообразен и включает компоненты, образующиеся на разных стадиях разложения сложных углеводов, белков, жиров и углеводов; почвенные органические вещества содержат лигнин, клетчатку, эфирные масла, смолы, дубильные вещества. Определенную роль в создании гумуса играет почвенная фауна - черви и специфическая почвенная микрофлора. В целом происходит обогащение почв аминокислотами и другими органическими соединениями.

К параметрам определяющим различные почвы относят их влагоемкость - способность почвы удерживать воду, в разных ее состояниях за счет молекулярных сил электрической природы.

Значимое влияние на плодородие почв оказывает их влагопроницаемость - способность почвы фильтровать воду как по порам, так и по тончайшим каналам - капиллярам. Капиллярная сеть позволяет влаге преодолевать гравитационные силы и подниматься в почвах над уровнем грунтовых вод. Рыхление почвы приводит к разрушению капилляров, а тем самым устранению источников поставляющих влагу к поверхности, где она испаряется.

Почвы могут иметь различную структуру, т.е. форму и размер слагающих его элементов. Этими элементами в почвах являются микроагрегаты из минеральных частиц и гумуса. У наиболее плодородных почв структура зернистая (мелкокомковатая); среди структур почв есть также комковатая, столбчатая, ореховатая, глыбистая, пылеватая и др..

По механическому составу выделяют следующие почвы, с учетом трудности их обработки:

- глинистые, с высокой влагоемкостью и большим содержанием элементов питания растений;
- песчаные, маловлагоемкие, хорошо влагопроницаемы, но бедные гумусом;
- суглинистые, наиболее благоприятные по своим физическим свойствам для земледелия, со средней влагоемкостью и влагопроницаемостью, хорошо обеспечены гумусом;
- супесчаные, бесструктурные почвы, бедные гумусом, хорошо водо- и воздухопроницаемы.

По степени пористости различают почвы: тонкопористые ( $\varnothing$  пор < 1 мм); пористые (1-3 мм); губчатые (3-5 мм); ноздреватые (5-10 мм); ячеистые (> 10 мм); трубчатые (поры образуют каналы).

Влага в почвах имеет разную величину pH от 3 (сфагновые болота) до 10-11 (солонцы).

В почвенном профиле (по В.А.Вронскому, 1996) выделяют три главных горизонта:

- перегнойно-аккумулятивный (гумусовый), перекрытый сверху дернистой, лесной подстилкой, луговым или степным войлоком;
- элювиальный, или горизонт вымывания, характеризующийся преимущественно выносом веществ;
- иллювиальный, куда из вышележащих горизонтов вмываются вещества (легкорастворимые соли, коллоиды, органика и т.д.).

Ниже располагается элювированная горная порода. На количество горизонтов в почвенном профиле влияют климатические условия.

По данным А.Н.Геннадиева и др. (1987) примерный возраст некоторых почв составляет:

- черноземы и темно-каштановые почвы - не менее 2500-3000 лет;
- светло-каштановые, серые, лесные, бурые лесные - 800-1000 лет;
- торфяно-глеевые, горно-луговые, лугово-каштановые - 500-800 лет;
- подзолистые почвы - 1500 лет (на Аляске до 1000 лет).

Максимальный возраст почв прерий Северной Америки - 14000 лет, а для образования настоящей почвы на гранитах в условиях экваториальной гумидной зоны требуется 20 000 лет. На территории бывшего СССР выделено более 100 типов почв. Не вдаваясь в подробную генетическую классификацию почв, остановимся на краткой характеристике наиболее распространенных почв Евразии:

- арктические и тундровые почвы, они занимают около 4% суши земного шара, на северных окраинах Северной Америки, Евразии, островах Северного Ледовитого океана; мощность почвенного слоя не превышает 0,4 м, отличаются переувлажнением и развитием анаэробных микробиологических процессов; содержание гумуса не превышает 1-3%;

- подзолистые почвы, формируются в условиях умеренного влажного климата под хвойными лесами Евразии и Северной Америки; основным процессом является подзолообразующий, который приводит к формированию трех ярко выраженных типичных горизонтов вследствие значительного увлажнения и равномерного промывного режима под пологом леса; содержание гумуса от 4 до 6%;

- черноземы, об этих почвах В.И.Вернадский говорил: "в истории почвоведения чернозем сыграл такую же выдающуюся роль, какую имела лягушка в истории физиологии, кальцит в кристаллографии, бензол в органической химии". Этот тип почв распространен в пределах лесостепей и степей Евразии, в России - это 8% территории или половина всех черноземов мира. Черноземы формируются в условиях засушливого климата и нарастающей континентальности. В развитии черноземов существенную роль играют степная растительность с преобладанием дерновинных злаков; содержание гумуса (более 10%); это самая плодородная почва;

- каштановые почвы, они занимают 7% территории суши, в нашей стране - 9%, причем формируются в засушливых и экстраконтинентальных условиях сухих степей (Причерноморье, Прикаспийская низменность, юго-восточное Забайкалье и т.д.); гумуса (менее 4%);

- серо-бурые почвы и серноземы, они типичны для равнинных внутриконтинентальных пустынь умеренного пояса, субтропического пояса пустыни Азии (Иранское нагорье) и Северной Америки; на их долю приходится до 17% площадь суши; отличаются значительной засоленностью и малым содержанием гумуса (до 1,5%);

- красноземы и желтоземы, формируются в условиях субтропического климата под важными субтропическими лесами (Юго-Восточная Азия, побережья Черного и Каспийского морей), общая площадь до 19% территории суши; основная почвообразующая кора выветривания перенасыщена кремнеземом, оксидами железа, алюминия, марганца и поэтому почвы имеют красновато-желтую окраску; содержание гумуса (от 3 до 6%);

- гидроморфные почвы, формируются при участии атмосферной влаги, поверхностных и подземных вод; к этим почвам относятся засоленные, болотные, оглеенные почвы.

*Экологические функции почв* в биосфере базируются на следующих основополагающих ее качествах. Во-первых, почва служит средой обитания и физической опорой для огромного числа организмов; во-вторых почва является необходимым, незаменимым звеном и регулятором биогеохимических циклов, практически круговороты всех биогенов осуществляются через почву.

Главная функция почвы - это обеспечение жизни на Земле. Это определяется тем, что именно в почве концентрируются необходимые для организмов биогенные элементы в доступных им формах химических соединений. Кроме того, почва обладает способностью аккумулировать необходимый для жизнедеятельности продуцентов биогеоценозов запасы воды, также в доступной им форме, равномерно обеспечивая их водой в течение всего периода вегетации. Наконец, почва служит оптимальной средой для укоренения наземных растений, обитания многочисленных беспозвоночных и позвоночных животных, разнообразных микроорганизмов. Собственно эта функция и определяет понятие "плодородие почв".

Вторая функция почв заключается в регулировании всех потоков вещества в биосфере. Все биогеохимические циклы элементов, включая циклы таких важнейших биогенов, как углерод, азот, кислород, фосфор, а также циклы воды осуществляются именно через почвы при ее регулирующем участии в качестве аккумулятора биогенных элементов - с другой. Почва - это связующее звено и регулирующий механизм в системах биологической и геологической циркуляции элементов.

Третья глобальная функция почвы - регулирование состава атмосферы и гидросферы. Атмосферная функция почвы осуществляется, вследствие ее высокой пористости (40-60%) и плотной заселенности организмами, благодаря чему идет постоянный газообмен между почвой и атмосферой. Почва постоянно поставляет в атмосферу различные газы, в том числе и "парниковые" - CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>; а также множество так называемых "микрогазов". Одновременно почва поглощает кислород из атмосферы. Таким образом, в системе "почва-атмосфера" именно почва является генератором одних газов и "стоком" для других.

В сухопутной ветви глобального круговорота воды почва избирательно отдает в поверхностный и подземный сток растворимые в воде химические вещества, определяя тем самым гидрохимическую обстановку в водах и прибрежной части океана.

Четвертой важнейшей глобальной функцией почвы является накопление в поверхностной части коры выветривания, в почвенных горизонтах описанного выше специфического органического вещества - гумуса и связанной с ним химической энергии.

Пятая глобальная функция заключается в ее защитной роли по отношению к литосфере. Почва защищает литосферу от воздействия экзогенных факторов, регулируя процессы денудации суши.

Наконец, еще одна, шестая глобальная функция почвы - это генерирование и сохранение биологического разнообразия. Почва, являясь средой обитания для огромного числа организмов, ограничивает жизнедеятельность одних и стимулирует активность других. Чрезвычайно большое разнообразие почвенных свойств, их разнообразие по кислотности, щелочности, засоленности или отсутствию солей; окислительная или восстановительная обстановка, - все это создает огромное разнообразие условий жизнедеятельности организмов. По отношению к человеку почва имеет еще одну специфическую функцию, являясь главным средством сельскохозяйственного производства и местом поселения людей.

*Процессы природной среды.* Процессы, взаимодействующие в гидросфере, литосфере и атмосфере, тесно связанные с биосферными процессами выражаются, в частности, в круговороте воды: пополнение гидросферы за счет выпадающих осадков из атмосферы и возврат воды за счет испарения с поверхности водоемов и транспирации растениями. Наряду с этим существуют энергетические связи через тепловое излучение и через процессы фотосинтеза. Кроме того имеют место и химические связи, к примеру, растворение в воде кислорода и диоксида углерода. Этот процесс поддерживает систему динамического равновесия в гидросфере по системному принципу:

Атмосфера CO<sub>2</sub>

Гидросфера CO<sub>2</sub> ↓ + H<sub>2</sub>O      H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sup>+</sup>      CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> + 2H<sup>+</sup>

Эта система имеет решающее значение в формировании условий жизнедеятельности гидробионтов (живых организмов обитающих в водной среде).

В целом функциональная взаимообусловленность элементов биосферы формирует ее как глобальную саморегулирующуюся экосистему, обеспечивающую на этом уровне круговорот веществ и направляющую (в т.ч. и "фильтрацию") поток энергии, а также использующую (в т.ч. трансформирующую) поток информации. Любое положение в этой планетарной функции занимают разнообразные живые организмы, которые В.И.Вернадский назвал "живым веществом". К нему В.И.Вернадский причислил растения, животных и микроорганизмы, к "биогенному веществу" он отнес вещества органического

происхождения, созданные живыми организмами и состоящие из растительных и животных остатков - уголь, торф, почвенный гумус, нефть, мел, известняк и др.; к "косному веществу" - горные породы неорганического происхождения; к "биокосному веществу" - продукты распада и переработки горных пород живыми организмами.

Выше было отмечено, что масса живого вещества в биосфере около 2400 млрд. т, что однако соответствует всего лишь 1/2100 массы атмосферы Земли. Общая мощность (толщина) биосферы - порядка 1/320 радиуса Земли (1/325 с учетом атмосферы), а это характеризует ее как тонкую пленку на поверхности Земли, существующую кроме всего прочего в весьма узких пределах изменения температуры, давления, газового состава и т.д. Тем не менее необходимо утвердительно сказать, что именно биосфера превращает Землю в уникальное по своим свойствам небесное тело.

Все это становится вполне объяснимым если принять во внимание высочайшую химическую активность живого вещества. Это кстати отмечалось еще В.И.Вернадским в его работах по биогеохимическим процессам. Все реакции, которые протекают в живых организмах, по своей скорости несоизмеримы с реакциями, осуществляющимися в других геосферах. Эта скорость в несколько тысяч раз больше за счет участия мощных биологических катализаторов - ферментов. Эти соединения существенным образом изменяют температурные и другие условия реакций. Распространенная "нормальная" для многих живых организмов температура тела в 37°C позволяет протекать в них реакции окисления жиров и углеводов, в то время в условиях абиотической среды аналогичные реакции происходят при температуре (400-500°C). Микроорганизмы синтезируют аммиак при нормальном атмосферном давлении и температуре в 20°C, в то же время промышленный синтез аммиака из молекулярного азота происходит при температуре 500°C и давлении 300-350 атм. На ферментативных реакциях в живых организмах базируется глобальный биологический круговорот, о масштабах которого можно судить по темпам оборота кислорода и диоксида углерода в процессе фотосинтеза (табл. ).

Таблица

Продуктивность фотосинтеза в биосфере в 10<sup>9</sup> т/год  
(по данным С.В.Войткевич, 1983)

Биоциклы	Используется, поглощается		Создается, выделяется	
	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub> ×O <sub>n</sub>	O <sub>2</sub>
Суша	253	103,5	172,5	184
Океан	88	36	60	64
Всего	341	139,5	232,5	248

По данным И.А.Шилова (1999) высокая химическая активность живого вещества способствует также постоянному вовлечению в круговорот элементов, которые активно извлекаются из горных пород литосферы. Подсчитано, что с одного гектара африканских саванн только так называемая "слоновая трава" ежегодно извлекает 250 килограммов кремнезема, в тропических джунглях за один год растения извлекают 8 тонн кремнезема. В лабораторных условиях плесенный грибок за 7 дней извлек из образца базальта 3% содержащегося в нем кремния, 59% магния, 64% железа. Геологам давно известна огромная разрушительная сила биологического выветривания, которое вместе с физическим и химическим сокрушает массивы прочных скальных пород и создает мощные толщи пор выветривания.

Все вещества находятся в *биохимическом круговороте*- большом (геологическом) и малом (биотическом); в большом круговороте, который продолжается миллионы и миллионы лет, участвуют горные породы, которые выветриваются, сносятся в моря и океаны, образуя мощные толщи осадков и в процессе движения литосферных плит, перемещения материков, океанов, морей, при горообразовании эти горные породы могут вновь возвратиться на сушу, где вновь подвергаются выветриванию и т.д.; в малом круговороте, являющемся частью большого, участвуют питательные вещества почвы, воды,

углерод, которые используются растениями, а растения животными; далее продукты распада всего органического вещества разлагаются в почве до минеральных компонентов и вновь потребляются растениями. Последний круговорот называется биогеохимическим циклом.

Высочайшая активность биогеохимических процессов и колоссальные объемы и масштабы оборота веществ биологически значимые химическим элементы находятся в постоянном циклическом движении. По некоторым подсчетам, если принять, что биосфера существует не менее, чем 3,5-4 млрд лет, то вся вода Мирового океана прошла через биогеохимический цикл не менее 300 раз, а свободный кислород атмосферы - не менее 1 млн раз. Круговорот углерода происходит за 8 лет, азота за 110 лет, кислорода за 2500 лет. Основная масса углерода, сосредоточенная в карбонатных отложениях дна океана ( $1,3 \times 10^{16}$  т), других кристаллических горных породах ( $1 \times 10^{16}$  т), каменном угле и нефти ( $0,34 \times 10^{16}$  т) участвуют в большом круговороте. Углерод, содержащийся в растительных ( $5 \times 10^{11}$  т) и животных тканях ( $5 \times 10^9$  т) участвует в малом круговороте (биогеохимическом цикле).

На высокой активности живого вещества основываются и процессы саморегуляции в биосфере. Продукция кислорода поддерживает наличие и мощность озонового экрана, а тем самым функционирование "фильтра" для энергии Солнца и космического излучения, регулирует в целом поток энергии, поступающей к земной поверхности и к живым организмам. Постоянство минерального состава океанических вод поддерживается деятельностью организмов, активно извлекающих отдельные элементы, что уравнивает их приток с поступающим в океан речным стоком. Подобная регуляция осуществляется и во многих других процессах.

*Средообразующая роль живого вещества.* Жизнь на Земле возникла весьма давно даже по геологическим меркам и все это время влияние живого вещества коренным образом изменило исходные химические, да и физические условия среды, максимально их приблизив к оптимальным для осуществления жизнедеятельности.

Вполне можно утверждать, что почва - это продукт деятельности живого вещества, так как без присутствия живых организмов сколько бы мы не дробили, не измельчали, не приносили химических веществ, мы не получим почвы. Именно деятельность микроорганизмов и других живых организмов формирует химический состав почв, их структуру и создает предпосылки развития последующих процессов почвообразования.

Водная среда является субстратом, в котором ярко выражается воздействие живых организмов на химический состав воды. Во первых это связано с тем, что многие живые организмы выбрасывают в водную среду продукты метаболизма, а значит органические кислоты, азотосодержащие соединения, сероводород, наконец, кислород, который частично переходит в растворенное состояние. Во-вторых, значительное число живых организмов, пропускает сквозь себя, фильтрует огромные массы воды, задерживая необходимые для осуществления жизнедеятельности растворенные и взвешенные вещества и частицы. "Фильтраторы" Большого Барьерного рифа в течение 5 лет пропускают сквозь себя весь объем воды Тихого океана (И.А.Шилов, 1999).

Многие животные способны к накоплению в своем организме определенных солей (Ca, Si, Mg, P и др.), которые накапливаются в виде скелетов и раковин. После отмирания скелеты организмов создают колоссальные по мощности (до нескольких десятков километров) органогенные отложения. Это собственно и есть биогенное вещество (по В.И.Вернадскому). Эти отложения не только определили в значительной мере процессы порообразования, но и сказались на химизме воды, на почвообразовании, на вторичных геологических процессах (метаморфизме).

Современный газовый состав атмосферы по существу является продуктом деятельности живых организмов. Не вдаваясь в подробное рассмотрение сложившихся процессов накопления газов в атмосфере на протяжении более чем 4,5 млрд лет геологической истории Земли, отметим, что, например, свободный кислород выделялся в атмосферу и в добиологический период, но как известно в силу особенностей химизма окружающей среды он практически мгновенно переходил в связанное состояние. И в биологический период на начальном этапе выделяемый кислород главным образом накапливался в растворенном состоянии в водах океана и только при активном освоении суши растениями произошло накопление кислорода в атмосфере, формирование озонового слоя, а затем постепенное повышение содержания диоксида углерода и паров воды. Все это вместе создало условия при которых прекратилась возможность прямого фотолиза кислорода из воды, т.к. сформировавшийся экран преградил путь для



части коротковолнового излучения Солнца к земной поверхности. Диоксид углерода на ранних этапах существования планеты накапливался главным образом при активно протекавших геологических процессах. В настоящее время диоксид углерода на Земле имеет исключительно биогенное происхождение, хотя он и выделяется, например, при вулканических извержениях, но объем этот ничтожно мал в общем объеме диоксида углерода в атмосфере. Выделяется же диоксид углерода в окружающую газовую среду в процессе дыхания живых организмов. Один гектар пшеничного поля продуцирует в сутки 135 кг диоксида углерода, в том числе 75 кг микроорганизмами и 60 кг корнями пшеницы (И.А.Шилов, 1999). В.И.Вернадский считал, что и кислород и диоксид углерода и даже азот в своем содержании, в той сбалансированности состава атмосферы полностью определены наличием и функциями живого вещества. Он писал: "Будет правильным заключить, что газовая оболочка... создание жизни". Серьезное значение газовый состав атмосферы, ее мощность и другие свойства имеют для поддержания современного теплового баланса в природной среде нашей планеты. Выше мы уже рассматривали различные химические процессы, протекающие в атмосфере при воздействии солнечного излучения. Собственное тепловое излучение Земли в значительной мере экранируется озоновым экраном, да и всей толщей атмосферы. Подсчитано, что без этого эффекта ("парникового") средняя температура в приземном слое была бы примерно на 40°C ниже существующей, а это как известно значительно изменило бы условия жизнедеятельности подавляющего числа организмов.

Конкретные экосистемы играют важную роль в формировании климата, не говоря уже о микроклимате. Растительность как известно имеет значение в установлении определенного режима влажности и температуры. Транспирация оказывает влияние на количество осадков, например, в бассейне р.Конго только за счет этого фактора их количество возрастает примерно на 30%, а в Центральной Европе не более чем на 6%. Наличие леса, его качественный состав, расположение на различных формах рельефа определяют скорость и направление ветра, мощность снежного покрова, скорость его установления и схода. Особенности климата на конкретных территориях влияют на формирование сложных многовидовых сообществ живых организмов. В континентальных водоемах аналогичный эффект достигается влиянием растительности на скорость течения, температурный режим и химический состав воды.

Высказанные выше сведения показывают, что все формы жизни, существующие на Земле и известные нам к настоящему времени, оказывают чрезвычайно значимое влияние на свойства основных геосфер: атмосферы, гидросферы и верхней зоны литосферы. Равным образом и общие свойства биосферы в целом оказываются в значительной степени созданными живым веществом и благоприятствующими его развитию и функционированию. В.И.Вернадский весьма точно определил это как "живое вещество само создает себе область жизни".

Выше мы уже отмечали, что химические реакции в органической среде, высочайшая химическая активность организмов преобладает процессом средообразования темпы, не сравнимые с процессами, происходящими в неживой природе.

В природе известны три вида эволюции: неорганическая, органическая (биологическая) и социальная. Неорганическая эволюция протекает очень медленно, ее практически невозможно наблюдать в целом непосредственно, можно лишь изучать отдельные компоненты, отдельные процессы ее слагающие. Известно, что геологические преобразования на нашей планете заняли несколько миллиардов лет, поэтому этот вид эволюции не могут охватить наблюдением даже несколько поколений исследователей. Изучение же неорганической эволюции изучается астрономией (образование космических тел, галактик, звезд и т.п.). Биологическая эволюция протекает значительно быстрее, с нарастанием темпов. Если жизнь возникла на Земле около 4 млрд лет тому назад, то человек - всего 3,5-4 млн лет тому назад, что со сроками в масштабах астрономии просто незначительно. Биогеохимические циклы укладываются в тысячи лет и даже меньше.

За время существования органической жизни элементы, вовлеченные в биологический круговорот проходили через экосистемы многократно. Полное обновление живого вещества в биосфере осуществляется за 8 лет, но в разных геосферах это не совсем так: на суше вся фитомасса (масса растительного вещества) обновляется за 14 лет, а вот в океане вся биомасса проходит круговорот всего за 33 дня, а фитомасса - даже за 24 часа. Выше мы уже отмечали какими темпами происходит вовлечение

в круговорот и движение в них жизненно важных химических элементов, в частности, диоксид углерода в биологическом круговороте обновляется за 300 лет.

Социальная эволюция осуществляется как известно человечеству, да и каждому человеку идет еще более значительными темпами.

*Целостность биосферы.* Живые организмы населяющие все геосферы действуют как целостная система в силу того, что они в биосфере функционально взаимообусловлены. Природные границы рассматриваются как биологически активные зоны, недаром для них выявлен “эффект опушки”, который заключается в том, что именно на границах между средами отмечено высокое разнообразие населяющих их живые организмы, через эти границы зафиксирован не только значительный объем переноса вещества и огромные потоки энергии и информации. В частности, важную роль в обмене веществ между геосферами играет речной сток, который вносит в шельфовые зоны морей, в приустьевые зоны огромное количество органических соединений, например, за счет обитающих на суше или скапливающихся на пролете птиц. В устьях рек в регионах мангровых зарослей обитает почти две трети промысловых рыб.

Биосфера как целостная функциональная система имеет достаточно сложную иерархическую структуру, в частности, на уровне геосфер выделяются биоциклы - морские воды, пресные водоемы, суша; следующим подразделением являются биохоры, отвечающие, например, на суше ландшафтно-климатическим зонам. Главнейшей функцией биосферы, как целостной глобальной функциональной системы, является поддержание жизни в устойчивом, эволюционном режиме, или в динамическом равновесии. Реализация устойчивого поддержания жизни обеспечивается единством геосфер и базируется на непрерывном круговороте веществ, который связан в единый процесс с движением потоков энергии и информации. Круговоротный принцип реализуется не только на биосферном уровне, но и на уровне биоциклов, биохор, экосистем причем круговороты никогда не имеют обособленного характера, а всегда взаимопроникающий, взаимно поддерживающий и даже компенсирующий. Необходимо учитывать, что функционирование биосферы не ограничивается каким-то одним раз навсегда установившемся объемом органических и неорганических веществ, а как было указано выше при наличии средообразующего фактора биосфера она вовлекает в процесс новые абиотические составляющие, т.е. совершается переформирование горных пород, образование почв и изменение их плодородия, некоторые колебания состава атмосферы и гидросферы и их физических параметров.

Теснейшая функциональная связь разных биологических иерархических уровней (систем) превращает отдельные индивидуальные (или дискретные) формы жизни в интегрированную глобальную надсистему - биосферу (И.А.Шилов, 1999).

Одним из фундаментальных свойств биосферы является ее способность самоподдерживания. В рамках устойчивого эволюционирования. Биосфера может быть рассмотрена как структурированная высокоорганизованная целостная надсистема с активно взаимодействующими механизмами саморегуляции. Это выражается в поддержании газового состава атмосферы, солевого состава морских вод, теплового режима в приповерхностной части нашей планеты.

В.И.Вернадский писал: “Живое вещество...становится регулятором действенной энергии биосферы... Весь поверхностный слой планеты становится таким образом через посредство живого вещества полем проявления кинетической и химической энергии”. Он так же говорил о биосфере, как о сложном, но вполне упорядоченном механизме” (“Очерки геохимии, 1975). В целом же все сказанное подтверждается сущностью наиболее явных биосферных процессов: фотосинтеза, клеточного дыхания и разложения, энергетических превращений в организмах...

Если рассматривать вопрос о регуляторных возможностях биосферы, то необходимо сказать, что если замыкаться в данном случае на представлениях о биосфере только в обобщенном виде, то многие из процессов, протекающих в природной среде не могут быть достаточно ясно объяснены. Главным представляется, что регуляторная функция в биосфере чувствительна к конкретным живым организмам и к формам их взаимодействия. Формы взаимодействия и их реализация возможна только в биологическом выражении. Исходя из сложности устройства и взаимодействий в биосфере, регуляторная функция должна базироваться на каком-то фундаментальном ее свойстве или свойстве главенствующей составляющей. Такой главенствующей составляющей биосферы являются живые организмы, а

фундаментальными свойствами - разнообразие и системность жизни. На этих свойствах основывается глобальная функция жизни в биосфере - поддержание биогенного круговорота веществ.

*Обмен веществ со средой* является абсолютно необходимым качеством жизни, которое отличает ее от неживого. Живые организмы по мере своего развития увеличиваются в размерах, растут, что требует поступления в них веществ из окружающей среды, как материала для построения тела, эти вещества служат также источником энергии для всех жизненных процессов. Каждая реакция, как известно имеет завершение в виде продуктов реакции, поэтому продукты метаболизма, уже непригодные для дальнейшего использования, выводятся наружу. Из этого следует не слишком оптимистичный результат - каждый отдельный организм, вид организмов и популяция в ходе своей жизни ухудшают условия среды обитания изымают из среды ресурсы, растрачивают энергию. Таким образом за годы существования жизни на Земле все ресурсы были бы уже использованы, значимое количество энергии потрачено впустую, но биосфера, как выяснилось обладает возможностью обратного процесса - улучшения, точнее поддержания в устойчивом состоянии жизненных условий. Это определяется тем, что биосферу населяет множество разных организмов с разным типом обмена веществ. Жизнь на Земле мы выше уже определили как планетарное явление и жизнь может существовать только в условиях устойчивого самоподдерживающегося состояния, фундаментальным условием которого является физиологическая разнокачественность живых организмов. И.А.Шилов (1999) считает, что теоретически можно представить возникновение жизни в одной форме, но в этом случае возникшая форма жизни запрограммирована на конечность жизни как явления: "видоспецифичность обмена веществ неизбежно ведет к исчерпанию ресурсов и "загрязнению" среды продуктами жизнедеятельности, которые невозможно использовать вторично".

Возможность устойчивого существования жизни при осуществляющихся круговоротных процессах биосферы в планетарных масштабах обеспечивается в разнокачественности жизненных форм и в том ее свойстве, которое можно охарактеризовать как последовательное использование выделяемых в среду продуктов метаболизма, формирующее генеральный биогенный круговорот веществ.

В целом главные комплексы живых организмов определяющих глобальный биогенный круговорот выглядят следующим образом: продуценты, консументы, редуценты. Эти комплексы в свою очередь обладают собственной иерархичностью в биогенных циклах. Совместная же деятельность комплексов с "населяющими" отдельными организмами обеспечивает извлечение вполне определенных веществ из внешней среды, их использование непосредственно или после "обработки" на уровнях потребления, превращение энергии и потребление информации с дальнейшей минерализацией органического вещества (т.е. разложение сложноорганизованной органики до простых минеральных соединений), с преобразованием до состояния доступности для включения в биогенный круговорот.

Основными химическими элементами мигрирующими по биологическому круговороту или главными биогенами являются: азот N, углерод C, водород H, кислород O, фосфор P, сера S. Активно вовлекаются в жизненные процессы еще кремний Si, калий K, кальций Ca, магний Mg и некоторые другие. Но в целом в жизненных процессах задействованы практически все химические элементы, за исключением радиоактивных.

### **Категории организмов.**

Взаимодействие разных категорий живых организмов в иерархически сложноустроенной надсистеме - биосфере осуществляется через биотическую структуру. Несмотря на колоссальное количество видов живых организмов (более 2 млн), а тем самым неисчислимо разнообразие возможных взаимодействий все живые организмы имеют общность в виде примерно одинаковой биотической структуры. Категории этой структуры были уже упомянуты выше: продуценты, консументы, редуценты.

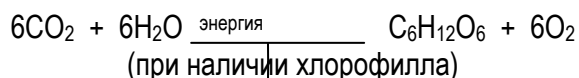
*Продуценты* (от лат. *producentis* - производящий). Это живые организмы, которые способны синтезировать органическое вещество из неорганических природных составляющих с использованием внешних источников энергии.

Здесь необходимо подчеркнуть одно из важнейших качеств биологических систем и организмов - это то, что все они открытые. Получение энергии извне - общее условие жизнедеятельности всех организмов и по энергии биологические системы относят к открытым.<sup>2</sup>

Продуценты - это в основном растительные организмы, называемые автотрофами, так как они снабжают сами себя органическим веществом. Эта категория живых организмов в природных сообществах играет определяющую главенствующую роль в производстве природного органического вещества. Накапливаемые в тканях растений органическое вещество затем служит источником энергии для осуществления всех последующих процессов жизнедеятельности. Это отнюдь не означает, что после получения порции энергии для создания какого-либо объема первичного органического вещества организму энергии больше не требуется. Живой организм - это не "перпетуум мобиле" (не "вечный двигатель"), в нем не только часть энергии теряется в виде теплоты, но энергия нужна для продолжающегося синтеза органического вещества из поступающих в организм минеральных неорганических соединений, т.е. для первичного синтеза "органики" из "неорганики" внешняя энергия безусловно необходима.

Продуценты по характеру источника энергии подразделяются на фотосинтезирующие и хемосинтезирующие. Подавляющее большинство продуцентов Земли представляет собой фотосинтезирующую растительность. Фотосинтез\* осуществляется главным образом в зеленых растениях, содержащих в своих тканях пигмент зеленого цвета (хлорофилл), являющийся катализатором реакции синтеза. Растения используют при фотосинтезе, естественно, не все поступающее солнечное излучение, а только часть спектра с длиной волны 380-710 нм. Ничуть не умаляя величайшего значения растений в существовании современной жизни на Земле, следует упомянуть о цианобактериях (синезеленых "водорослях"), которые сыграли свою колоссальную роль в начальной стадии эволюции жизни на Земле. Они были теми организмами, которые за счет фотосинтеза положили не только начало развитию этой ветви жизни, но и определили глобальные атмосферные и гидросферные процессы. Фотосинтез осуществляют некоторые бактерии, с иным биологическим катализатором, но особенностью протекающих реакций в них является отсутствие выделяемого кислорода.

В основе фотосинтеза лежат реакции аналогичные образованию простого сахара глюкозы в ряде растительных организмов:



Главными химическими элементами и соединениями, которые участвуют в реакциях синтеза являются: вода, диоксид углерода, азот, фосфор, калий, а также и другие минеральные компоненты, его в гораздо меньших объемах.

Полученная продуцентами при фотосинтезе энергия, превращается из кинематической (потока лучистой энергии Солнца) в потенциальную (запасенную, например, в жирах и углеводах). При процессах дезинтеграции поступающих в организмы питательных веществ запасенная энергия потребляется, то есть происходит высвобождение энергии. В целом потребление организмами пищи всегда сопровождается ее "дроблением", дезинтеграцией, деструкцией, как бы дальнейшей подготовкой пищи к потреблению, к разрушению химических связей, для чего требуется энергия. Энергия служит не только органическим топливом; энергия запасенная в продуцентах, в их тканях, готова к дальнейшему движению в биологических круговоротах.

**"Фотосинтез"**<sup>3</sup> (от фото-свет и синтез) - представляет собой окислительно-восстановительную реакцию, протекающую при участии хлорофилла зеленых растений за счет энергии солнечного излучения. Одной из самых простых является уже упомянутая выше реакция синтеза глюкозы с выделением кислорода из диоксида углерода и воды. У всех зеленых растений реакции фотосинтеза принципиально близки. На интенсивность процесса фотосинтеза влияют освещенность, температура и другие факторы среды.

Существуют различные способы фотосинтеза у высших растений:

1.  $\text{C}_3$  - фотосинтез - характерен для большинства наземных растений (около 95% высших растений, в том числе большинство культурных - пшеница, рожь, картофель, клевер, люцерна и др.). У них фиксация  $\text{CO}_2$  идет по  $\text{C}_3$  - центозфосфатному пути (или циклу Кальвина), причем максимальная интенсивность фотосинтеза обычно не наблюдается при умеренной освещенности и температуре, а слишком высокие температуры и яркий солнечный свет подавляют этот процесс.  $\text{C}_3$  - растения особенно характерны для умеренных широт: все виды родов дуба, бук, береза, сосна, ель, лиственница и т.д.

2.  $C_4$  - фотосинтез - особенно характерен для растений аридных областей субтропической и тропической зон. К типичным представителям можно отнести многие виды амарантовых и маревых, злаковых, а также культурные растения тропического происхождения (кукуруза, сахарный тростник, просо, сорго). У них фиксация диоксида углерода происходит иначе, по циклу  $C_4$  - дикарбоновых кислот; они, напротив, адаптированы к яркому свету и высокой температуре в отличие от  $C_3$  - растений. Кроме того, они более эффективно используют воду: на производство 1 г сухого вещества им требуется менее 400 г воды, а  $C_3$  - растениям - от 400 до 1000 г воды.

3. CAM - метаболизм (сокращение от англ. слов "кислородный метаболизм толстяковых") - этот недавно открытый тип фотосинтеза у пустынных растений (суккулентов) заключается в том, что поглощенная растениями  $CO_2$  в ходе этого процесса накапливается в форме органических кислот и фиксируется в углеводах только на следующий день. Такая задержка фотосинтеза значительно уменьшает дневные потери воды, усиливая этим способность пустынных растений (особенно суккулентов) сохранять водный баланс и необходимые для существования запасы воды (Одум, 1986).

Хотя эффективность фотосинтеза (в пересчете на площадь листы) у  $C_3$  - растений ниже по сравнению с  $C_4$  - растениями, все же они создают большую часть фотосинтезируемой продукции на земном шаре, возможно поэтому, что они более конкурентоспособны в смешанных сообществах, где освещенность, температура и другие факторы ближе к средним значениям. Подсчитано, что 480 млрд. т и углекислоты и воды в процессе фотосинтеза и в то же время выделяется 248 млрд. т кислорода в атмосферу, из них организмами суши - 75% (Войткевич, Вронский, 1989). Фотосинтез - это важнейший процесс в биосфере, определяющий ее высокий кислородный потенциал, и создающий необходимые условия для существования живых организмов на нашей планете.

Кроме вышеописанных организмов-продуцентов в 1887 г. С.Н.Виноградовым были открыты хемосинтезирующие организмы. Эти организмы в процессах синтеза органического вещества используют энергию химических связей. К этой группе продуцентов относят исключительно прокариоты: бактерии, археобактерии и отчасти синезеленые. В природе существуют "богатые" потенциальной энергией неорганические соединения. Химическая энергия высвобождается в процессах окисления и некоторых других. Экзотермические (т.е. выделяющие теплоту) окислительные процессы используются азотфиксирующими (нитрифицирующими) бактериями (окисляют аммиак до нитритов и далее нитратов), железобактериями (окисление закислого железа до окисного), серобактериями (сероводород до сульфатов). В частности, последние населяют глубокие океанические впадины, куда не проникает свет, но где в изобилии присутствует сероводород. В этих условиях природа создала уникальные экосистемы, где эти организмы продуцируют органическое вещество в результате хемосинтеза за счет высвобождаемой при расщеплении сероводорода  $H_2S$ . Как субстрат для окисления используется также метан, оксид углерода и некоторые вещества.

**Хемосинтез**<sup>4</sup> (от хемо и синтез) процесс образования некоторыми бактериями органических веществ из двуокси углерода за счет энергии, полученной при окислении неорганических соединений (аммиака, водорода, соединений серы, закисного железа и др.). Хемосинтезирующие бактерии, наряду с фотосинтезирующими растениями и микробами, составляют группу автотрофных организмов...

Суммарная масса продуцентов на Земле занимает более 95% массы всех живых организмов. Главнейшей и, наверное, определяющей функцией продуцентов является вовлечение в глобальный биологический круговорот через входение в ткани живых организмов в новой организации элементов неживой природы.

**Консументы** (от лат. *consumo* - потреблять, создать). Это живые организмы, которые для построения собственного тела должны потреблять органическое вещество извне, в виде жизни. Они неспособны сами синтезировать первичное органическое вещество. Консументы являются гетеротрофами, живущими за счет продуктов синтезированных фотоавтотрофами и хемоавтотрофами. Консументы используют в пищу вещества, созданное другими организмами, для собственного роста и извлекают из этой пищи, запасенную в них энергию, которая заключена в этой пище в виде химических связей синтезированных веществ. В потоке веществ по ходу круговорота они занимают уровень консументов, напрямую в обязательном виде связанных с продуцентами - консументы 1-го порядка - или другими гетеротрофами, которыми они питаются - консументы 2-го порядка.

В нынешних представлениях к консументам относят огромное количество живых организмов из самых разных царств, типов, классов и т.д. биологической системы. Среди консументов нет только цианобактерий и водорослей. Например, среди растений есть формы, паразитирующие на других, как правило это формы, не содержащие хлорофилла. Среди высших растений в определенной мере к консументам можно отнести насекомоядных и другие растения способные к смешанному питанию. Царство животных представлено исключительно консументами. Положения, которые занимают консументы в биологическом круговороте весьма важны, хотя далеко неоднозначны. Биологический круговорот может обойтись и без консументов, так, например, в некоторых условиях замкнутые модельные системы, созданные главным образом в лабораторных условиях искусственно из зеленых растений и микроорганизмов при наличии минеральных веществ и воды могут существовать достаточно длительный период. Это осуществимо за фотосинтеза и деструкции растительных остатков. Но как пишет И.А.Шилов (1999) в природных условиях гибель таких систем становится весьма вероятной, и гарантиями устойчивости биологического круговорота служат именно консументы.

Созданное продуцентами первичное органическое вещество даже при весьма значительном разнообразии не может полностью обеспечить разнокачественность органического вещества живых организмов как фактора устойчивости. Консументы же в процессе метаболизма (обмена веществ) существенно трансформируют получаемое в виде пищи органическое вещество и создают условия для роста собственного организма. Любая система по "принципу Эшби" устойчива в условиях разнообразия составляющих. Все живые системы функционируют в целом как кибернетические, исходя также из принципа обратных связей. Разнокачественность живых организмов и возможность корреляций за счет обратных связей при функционировании биологических систем обеспечивает устойчивость биологического круговорота.

По И.А.Шилову (1999) факт обладания животными таким свойством как подвижность позволяет им еще больше повышать свою роль гаранта устойчивости развития жизни, так как даже при уничтожении жизненных форм в какой-то части биосферы в случае природных или техногенных катастроф именно животные первыми и достаточно быстро начинают осваивать "освободившееся" место. В целом консументы эффективно участвуют в миграции живого вещества, дисперсии его по поверхности планеты, стимулируют пространственное расселение жизни.

Консументы играют роль регуляторов интенсивности потоков вещества, энергии и информации в биологических системах. Способность к активной регуляции биомассы в темпах ее создания на всех уровнях организации в биосфере в "автоматическом" режиме реализуется в виде поддержания соответствия темпов создания и разрушения органического вещества в глобальных системах круговорота.

Такие системы по своему принципу не должны создавать никаких отходов, т.е. при переходе от продуцентов к консументам и далее к редуцентам никакого побочного объекта органического и неорганического вещества, даже пригодного для дальнейшего использования в биологическом круговороте накапливаться не должно. Тем не менее на Земле имеются значительные отложения нефти, каменного угля, торфа, сапропелей, природного газа. По мнению ряда специалистов это нарушение главного принципа биологического цикла - "безотходность" и представляет собой запас энергии для поддержания биологического круговорота в случае глобальных нарушений в биосфере.

*Редуценты* (от лат. *reducens* - возвращающий, восстанавливающий). В эту группу живых организмов входят гетеротрофы, которые используют в качестве пищи мертвое органическое вещество (трупы, фекалии, растительный опад и т.п.).

Все живые организмы частично способны к минерализации органических веществ, пример, это выделение диоксида углерода при дыхании, из организмов выводится вода, минеральные соли, аммиак. Но этого далеко недостаточно для завершения биологического цикла. Поэтому необходимость редуцентов становится очевидной.

Среди редуцентов отдельные специалисты выделяют специфическую группу детритофагов (от лат. *detritus* - остаток, *phagos* - поедающий) (Б.Небел, 1993). В целом под детритом понимают собственно мертвые остатки растительных и животных организмов и фекалии. В целом редуцентов и относящихся к ним детритофагов по способу потребления следует отнести к консументам так как они не производят сами органического вещества из неорганического ни при фотосинтезе или хемосинтезе. Примерами могут служить такие животные как грифы, гиены, земляные черви, термиты, раки, муравьи и др. Среди

детритофагов выделяют первичных, питающихся собственно детритом и вторичных, которые питаются детритом от первичных и т.д.

Но значительная часть мертвого органического вещества, в том числе и собственно детрита, например, остатки растительности - древесина, не может быть употреблена в пищу детритофагами, а подвергается гниению и разлагается в процессе питания грибов и бактерий.

По характеру обмена веществ - это организмы-восстановители. Денитрифицирующие бактерии способны к восстановлению азота до элементарного состояния, сульфатредуцирующие - серу до сероводорода. В анаэробных условиях разложение органики продолжается до водорода; образуются также углеводороды.

Поступающее в "сферу жизни" редуцентов органическое вещество вовлекается в весьма сложный процесс превращений состоящий из ряда последовательных звеньев, в каждом из которых действуют специфические группы организмов-редуцентов.

Известно, что большинство бактерий, вопреки бытовательским представлениям, не являются болезнетворными, а представляют собой полезные для жизни детритофагов.

*Грибы*, мы уже описывали, выше, и собственно грибом мы называем его плодовое тело, однако это лишь часть огромного организма. Это обширная сеть микроскопических волокон (грифов), которая называется мицелием (грибницей) и пронизывает детрит, в основном, древесину, лиственный опад и т.п. Мицелий по мере роста выделяет значительное число ферментов, которые разлагают древесину до состояния готового к употреблению и постепенно грибница полностью разлагает валежную древесину. Интересно, как пишет Б.Небел (1993), что можно находить грибы на неорганической почве, так как их мицелий способен извлекать из ее толщи даже весьма малые по концентрации органические вещества. Сходным образом функционируют и бактерии, но уже на микроскопическом уровне. Весьма важной для поддержания устойчивости биологического круговорота способность грибов и некоторых бактерий образовывать громадные количества спор (репродуктивных клеток). Эти микроскопические частицы переносятся воздушными потоками в атмосфере на весьма значительные расстояния, что позволяет им распространяться повсеместно и давать жизнеспособное потомство на любом пространстве при наличии оптимальных условий жизнедеятельности.

В наземной части биосферы подавляющее число процессов деструкции и редуцирования неорганических веществ из органических соединений протекают в почве. Здесь мы должны подчеркнуть еще раз высокое значение почвы в поддержании жизни на нашей планете. Образно говоря, почву можно назвать реактором, производящим неорганическую часть жизненных составляющих биосферы. Кроме того - это пример целостности биосферных процессов, которые совершаются во всех геосферах.

Деятельность редуцентов позволяет всему опад (опавших листьев, цветов, плодов, трав и т.п.) органических веществ полностью разложиться в тропиках во влажных способностью грибов и некоторых бактерий образовывать громадные количества спор (репродуктивных клеток). Эти микроскопические частицы переносятся воздушными потоками в атмосфере на весьма значительные расстояния, что позволяет им распространяться повсеместно и давать жизнеспособное потомство на любом пространстве при наличии оптимальных условий жизнедеятельности.

В наземной части биосферы подавляющее число процессов деструкции и редуцирования неорганических веществ из органических соединений протекает в почве. Здесь мы должны подчеркнуть еще раз высокое значение почвы в поддержании жизни на нашей планете. Образно говоря, почву можно назвать реактором, производящим неорганическую часть жизненных составляющих биосферы. Кроме того - это пример целостности биосферных процессов, которые совершаются во всех геосферах.

Биомасса редуцентов достигает весьма больших величин

Таблица

Численность обычных почвенных животных (экз/м<sup>2</sup>)  
(И.А.Шилов, 1999)

Биотоп	Насекомые и их личинки	Дождевые черви	Энхитреиды	Ногохвостки	Клещи	Нематоиды млн
Леса	3000	78	3500	40000	80000	6

Луга	4500	97	10500	20000	40000	5
Посевы	1000	41	2000	10000	10000	1,5

Число же грибов составляет еще большие величины, что лишний раз подтверждает их чрезвычайную значимость в биосферных процессах.

Таблица

Численность микроорганизмов,  
млн/г сухой почвы (по И.А.Шилову, 1999)

Организмы	Весна	Лето	Осень	Зима
<b>К л е н о в ы й л е с</b>				
Бактерии	58,40	40,50	23,50	55,10
Актиномицеты	4,80	2,80	2,20	2,70
Грибы	0,45	0,28	0,25	0,43
<b>Д у б о в ы й л е с</b>				
Бактерии	27,40	13,20	13,40	40,10
Актиномицеты	3,80	2,30	1,60	1,20
Грибы	0,43	0,29	0,49	0,65

Деятельность редуцентов позволяет всему годичному опаду (опадающих листьев, цветов, плодов, трав и т.п.) органических веществ полностью разложиться в тропиках во влажных дождевых лесах за 1-2 года, в умеренной зоне - в лиственных лесах за 2-4 года, в хвойных лесах за 4-5 лет. В тундре процесс разложения продолжается десятками лет. Из этого следует, что активность деятельности редуцентов весьма серьезным образом зависит от факторов среды: температуры, влажности, инсоляции и др. Интенсивность процессов редуцирования определяется также и биологическими процессами, в частности, продуктивностью растительных сообществ, активностью консументов, а на данном этапе и антропогенными факторами.

В целом любая биологическая система структурирована сходным образом: продуценты, консументы, редуценты. Представителей каждой из групп этих организмов не всегда является простой задачей, но их наличие обязательно т.к. в противном случае система не будет устойчивой. Три главных функции биологической системы - продуцирование, потребление и разложение - взаимосвязаны. Ю.Одум писал (Основы экологии с.41) "разложение, следовательно, происходит благодаря энергетическим превращениям в организме и между ними. Этот процесс абсолютно необходим для жизни, так как без него все питательные вещества оказались бы связанными в мертвых телах и никакая новая жизнь не могла бы возникать... однако гетеротрофное население биосферы состоит из большого числа видов, которые действуя совместно, производят полное разложение". Наиболее устойчивым продуктом разложения является гумус, одно из главных веществ продуктивности почв.

#### **Глава 10. Уровни организации живого вещества**

Продуценты, консументы, редуценты во всем своем многообразии, совместно действуя определяют устойчивое поддержание глобального биологического круговорота веществ и управляют потоками энергии и информации в биосфере нашей планеты. Все составляющие этого процесса связаны пространственно-функциональными взаимоотношениями, которые выступают как стабилизаторы ее состояния при значительной изменчивости внешних и внутренних факторов. Поэтому биосферу необходимо рассматривать как глобальную экологическую систему, обеспечивающую устойчивое поддержание жизни в ее планетарном проявлении.



**Экосистема (экологическая система)** - это совокупность совместно обитающих разных видов организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом. Термин был введен английским экологом А.Тенсли в 1935 году. Термин экосистема при рассмотрении его с позиций понятий о системах, представляется как “множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство” (СЭС. М. Советская энциклопедия. 1980. с.1225), и полностью этим понятиям отвечает, Биосфера как совокупность конкретных экосистем в ее структуре и функциях также отвечает биологическим (экологическим) системам, характеризующимися специфической функцией, упорядоченными взаимоотношениями составляющих ее частей (субсистем) и основывающимися на этих взаимоотношениях регуляторными механизмами, определяющими целостность и устойчивость системы на фоне колеблющихся внешних условий. Выделяют микроэкосистемы (например, лиственный опад одного дерева и др.), мезоэкосистемы (пруд, небольшая роща и др.), макроэкосистемы (континент, океан) и, наконец, глобальная экосистема - биосфера Земли, которая нами уже достаточно подробно рассмотрена выше.

**Биогеоценоз.** В 1944 году В.Н.Сукачевым был предложен термин *биогеоценоз*, который не является полным синонимом экосистемы, так, например, в ряде работ под биогеоценозом понимают сообщество растений, животных, микроорганизмов с определенным участком земной поверхности с его микроклиматом, геологическим строением, ландшафтом, почвой, водным режимом. Таким образом экосистема понятие более широкое, так как биогеоценоз - это только наземное образование с определенными границами.

В связи с тем, что далее мы будем употреблять ряд типичных экологических терминов есть необходимость дать определения некоторых из них:

- биоценоз - сообщество совместно живущих организмов;
- биотоп - среда (место) обитания;
- фитоценоз - сообщество растений;
- зооценоз - сообщество животных;
- микробиоценоз - сообщество микроорганизмов;
- биота - совокупность всех живых организмов.

Соотношение между экосистемами и биогеоценозом может быть представлено следующим образом: биогеоценоз - это экосистема в границах фотосинтеза, то есть эти категории совпадают лишь на уровне растительного сообщества и принципиально расходятся как выше, так и ниже этого уровня. В.И.Вернадский для этих категорий использовал понятие “биокосное тело”.

Ю.Одум (1986) выделяет три группы природных экосистем: наземные (биомы), пресноводные и морские. В основе подразделения лежат некоторые общие для них признаки: для наземных - тип растительности, для пресноводных - физические свойства воды и т.п.

Выделение в ландшафте различных экосистем производится достаточно произвольно, так как природные четкие границы между ними встречаются исключительно редко. Обычно между экосистемами и биомами находится переходная зона с видами и особенностями свойственными обоим соседствующим системам. Отмечено также, что при таком контакте обуславливается возникновением специфических условий среды, что в свою очередь позволяет существовать здесь особым видам растений и животных, которые присущи только этой переходной зоне. В этом случае данная зона может рассматриваться как отдельная экосистема. Ни одна экосистема не существует изолированно, а как было показано выше при условии единства и целостности биосферы принципиально невозможно.

Биогеоценозы характеризуются стратиграфическим разделением на несколько ярусов разной высоты: растительность подразделяется по высоте на мхи, травянистые растения, подлесок, деревья; животные - к примеру, птицы на гнездящихся на поверхности земли, в стволах (дуплах) деревьев, в кронах кустарника и деревьев. В каждом стратосе (ярусе) все живые организмы взаимосвязаны и эта связь горизонтального типа внутри биогеоценозов носит название синузии. Рассмотрение видового состава биогеоценозов позволило выявить среди населяющих их живых организмов следующие:

- эдификаторы, виды, которые играют роль основоположников сообщества, т.е. живые организмы, определяющие особенности биоты данного биогеоценоза в его конкретных абиотических условиях; виды начавшие освоение данной территории и создавшие условия для формирования трофической сети;

- доминанты, виды, которые преобладают в данном биогеоценозе, имеют преобладающую численность и наибольшую плотность популяции;

- преобладающие, виды которые живут за счет доминантов, включая внутривидовые и межвидовые отношения (паразитизм, симбиоз, мутуализм) и отношения по трофическим цепям.

Весьма важным фактором, определяющим особенности функционирования растительных сообществ является их водообмен с окружающей средой. По виду путей регуляции водообмена выделяют:

- гидатофиты - водные растения, целиком или большей своей частью погруженные в воды (кувшинки, водяные лютики, рдест, уруть и др.);

- гидрофиты - наземно-водные растения, погруженные в воду только своей нижней частью и, как правило, растущие по берегам водоемов, на болотах или на мелководьях (тростник обыкновенный, частуха, калужница болотная и др.);

- гигрофиты - наземные растения, распространенные в зонах повышенной влажности и, как обязательные условия, на влажных почвах; среди них различают теневые гигрофиты - это растения нижних ярусов сырых лесов в разных климатических зонах (недотрога, бодяк огородный, подавляющее большинство тропических трав и др.); световые гигрофиты - встречающиеся, как правило, на открытых местообитаниях (рис, папирус, роснянка, подмаренник болотный и др.);

- мезофиты - растения, которые могут переносить не очень сильную и непродолжительную засуху, но произрастание их обычно приурочено к среднему увлажнению и умеренно теплему климату; они занимают промежуточное положение между гигрофитами и ксерофитами; в эту группу входят травянистые растения умеренной зоны (пырей ползучий, клевер луговой, люцерна синяя), большинство культурных растений (кукуруза, пшеница, горох, конопля, соя и т.п.); почти все плодовые (за исключением винограда, миндаля и фисташки), а также листопадные деревья саванн, кустарники подлеска и др.;

- ксерофиты - это растения, приспособленные к жизни в местообитаниях с недостаточным увлажнением; растения в лучшей степени, чем другие способны регулировать водообмен, имеют приспособления, уменьшающие транспирацию (узкие листья, толстая кутикула, опущение, редукция листьев и др.); к ним относят, главным образом, растения степей, полупустынь, пустынь, песчаных дюн и т.п. (представители семейств - маревых, сложноцветных, крестоцветных, бобовых, гвоздичных, лилейных, парнолистников и др.); они в свою очередь подразделяются на два основных типа:

а) суккуленты - сочные растения, обитающие в засушливых районах и переносящие неблагоприятный для жизнедеятельности период за счет накапливаемых запасов влаги в своих тканях, - это могут стебли (кактусы, кактусовые молочай), листья (агавы, алоэ); при этом кактусовидная форма растений, принадлежащих другим семействам (молочайных, сложноцветных) также служит приспособлением к аналогичным засушливым условиям внешней среды; из деревьев, которые запасают воду в стволах более всего известны африканский баобаб, австралийское бутылочное дерево, произрастающие в саваннах; по некоторым данным (Ф.Фукарек и др., 1982) африканский баобаб при общей высоте дерева до 20 м, способен запасти в своей мягкой древесине до 120 тысяч литров влаги;

б) склерофиты - это растения в отличие от суккулентов имеют "сухой" внешний вид, с жесткими, кожистыми листьями и стеблями, которые эффективно задерживают испарение воды; распространены они преимущественно в засушливых районах (полынь, саксаул, олеандр, некоторые злаки, оливковое дерево, синеголовник полевой и др.).

Водные экосистемы имеют свои особенности и также стратифицированы, например, разные животные, растения и даже микроорганизмы обитают на различной глубине. Строение водных экосистем определяется характером водной среды: непроточная (лентическая); проточная (лотическая). В целом же водные организмы в этих экосистемах в зависимости от мест обитания:

- бентос (от гр. бентос - глубина), донные организмы, обитающие на дне водоема, в независимости от его глубины, при этом они могут быть: прикрепленными, сидячими (кораллы, водоросли, губки, мшанки), роющими (кольчатые черви, моллюски), ползающими (разнообразные, иглокожие) или функционально связанные с условиями жизни у дна водоема (брюхоногие моллюски, скаты и др.). Наиболее богаты бентосом прибрежные районы океанов и морей, особенно северо-западная часть Атлантического и Тихого океанов;

- перифитон (от гр. пери - около, фитон - растение), организмы, поднимающиеся от дна к поверхности водоема, либо организмы, прикрепленные к вышеуказанным, например, к стеблям растений;

- планктон (от гр. планктос - парящий), совокупность пассивно плавающих и переносимых морскими течениями в толще воды бактерий (бактерио-планктон), животных (зоопланктон), растений (фитопланктон) которые полностью или почти неспособны к самостоятельному передвижению на сколь угодно значимые расстояния. Одной из важнейших задач жизнедеятельности этих организмов является поддержание плавучести. Этого они добиваются двумя способами: уменьшением массы тела и увеличением силы трения тела по отношению к водной массе. Это кстати говоря, является одним из видов морфологической адаптации к абиотическим факторам среды. Для уменьшения массы тела замедляющей погружение наилучшим решением является собственно уменьшение размеров организмов, поэтому фитопланктон, в частности, представлен микроскопическими одноклеточными водорослями: диатомовыми и перединиевыми (дианофлагелляты). Другой способ, который в определенной мере повышает силу трения, выражается в увеличении площади поверхности тела, например, за счет уплощения формы (дисковидные диатомы) или при помощи выростов, отростков (шипы у ракообразных, иглы у радиолярий и др.). Зоопланктон в этом отношении имеет еще больше разновидностей форм тела организмов (одноклеточные, рачки, черви, медузы и др.);

- криль, до недавнего времени выделение этих разновидностей организмов в водных экосистемах носило сугубо промысловое значение, но сейчас его применяют и для различного рода экологических исследований; в целом - это мелкие морские разнообразные (бокоплавы, креветки - эвфузиты и др.), служащие основным источником пищи китообразных. В частности, подсчитано, что взрослый кит за летний сезон (продолжительностью около 150 дней) потребляет около 120 т криля.

Фитопланктон - основной первичный продукт органического синтеза в морских водоемах, за счет которого существуют гетеротрофные водные организмы. С фитопланктоном связаны такие явления в океана, как "цветение вод" и "красные приливы";

- нектон (от гр. нектос - плывущий), это группа свободно плавающих организмов, которые могут преодолевать силу течения воды, перемещаться на значительные расстояния и преодолевать силу гравитации, поднимаясь или опускаясь в толще воды от дна до поверхности; к числу этих организмов относят различных рыб, китообразных, тюленей, морских змей, черепах, кальмаров, осьминогов и др.; так, в Мировом океане насчитывается около 16000 видов рыб; численность антарктических китов (финвал, синий кит, горбач, кашалот и т.п.) составляет не многим более 750 тысяч особей, а дельфинов - примерно 425 млн особей и т.д.;

- плейстон (от гр. плейснс - плавание), совокупность гидробионтов, держащихся на поверхности воды или полупогруженных (физалия или португальский кораблик, сифонофоры и др.);

- нейстон (от гр. - плавающий), сообщества организмов, обитающих в зоне пленки поверхностного натяжения воды (над или под ней); в свою очередь подразделяется на гипонейстон - живут непосредственно под пленкой (личинки кефали, хамсы, веслоногие рачки, саргассовый кораблик) и эпинеuston - обитают над пленкой (клоны-водомерки, жуки-вертячки, из растений - сальвиния плавающая и др.).

Все рассмотренные экологические группы морских организмов участвуют в круговороте жизни в океане (рис. ). Солнечная энергия, поглощаемая растениями, передается от них животным и микроорганизмам в виде потенциальной энергии по основным трофическим цепям. Эти группы консументов обмениваются с растениями диоксидом углерода и минеральными питательными веществами

Одни и те же виды растений и животных, а тем более микроорганизмов встречаются в весьма различных и удаленных друг от друга экосистемах.

Основной функцией экосистем (биогеоценозов) является поддержание в устойчивом состоянии биогенного круговорота. Эта функция основана на пищевых взаимодействиях, выстроенных в четко упорядоченные зависимости.

Биогеоценоз включает в себя как совокупность на определенной территории, кроме биоценоза (биотических факторов - зооценоза, микробиоценоза, фитоценоза) экотоп (абиотические факторы). К числу абиотических факторов относят:

- климатические: свет, температура, влага, движение воздуха, атмосферное давление;

- эдафогенные (от гр. “эдафос” - почва): механический состав, влагоемкость, воздухопроницаемость, плотность альбедо;
- орографические: рельеф, высота над уровнем моря, экспозиция склона;
- химические: газовый состав воздуха, солевой состав воды, концентрация, кислотность и состав почвенных растворов.

Перечисление факторов неживой природы, оказывающих непосредственное влияние на функционирование биогеоценоза можно продолжить, но даже того, что указано достаточно для осознания сложности происходящих процессов.

Как пишет А.Н.Тетнор (1992) все компоненты биогеоценоза взаимосвязаны и взаимозависимы. Так, климат влияет на состояние почвы и подстилающего грунта, а от состояния почвы зависит в определенной степени ее отражательная способность (альбедо), нагревание. Живые организмы являются для других живых организмов источником пищи, или средой обитания, или фактором смертности; они связаны между собой. Биогеоценоз - это часть планетарной экосистемы, внутри которой происходит передача информации между отдельными компонентами, круговорот веществ и потока энергии.

При изучении биотической структуры экосистем становится очевидным, что к числу важнейших взаимоотношений между организмами относятся пищевые биотические факторы - совокупность влияния жизнедеятельности одних организмов на другие, характеризуемая взаимоотношениями между животными, растениями, микроорганизмами. Эти взаимоотношения носят название *коакций* - прямых и косвенных.

**Абиотические факторы среды** - это компоненты и явления неживой, неорганической природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы. Естественно, что эти факторы действуют одновременно и значит, что все живые организмы попадают под их влияние. Степень присутствия или отсутствия каждого из них существенно отражается на жизнеспособности организмов, причем на разные их виды неодинаково. Надо отметить, что это очень сильно влияет на всю экосистему в целом, на ее устойчивость.

Понятно, что при колоссальной многообразии живых организмов, разные их виды развиваются наиболее активно в разных условиях. Для одних нужна повышенная влажность и температура, для других - сухость и высокая температура и т.д. Для каждого из нас хорошим примером может служить достаточно обычный жизненный факт, а именно комнатные растения и уход за ними. Все знают, что они развиваются лучшим образом, если количество поливов их водой носит определенный характер: как перерыв в поливах, так и излишнее количество воды приводит к угнетению комнатных растений, а иногда и к гибели. Аналогичные данные получили и для освещенности и для температуры и не только для комнатных растений, но и для животных, растений и микроорганизмов в “дикой природе”. Полученные материалы; если изобразить их графически показывают (рис. ), что на графике имеется точка, при которой наблюдается максимальное развитие, называется она оптимумом, в некотором же диапазоне от этой точки условия для развития организмов остаются достаточно благоприятными, поэтому вполне возможно говорить о выделении некоторой зоны оптимума. При этом весь диапазон условий от их минимальных значений до максимальных, при которых возможно развитие организмов называют диапазоном устойчивости. Между зоной оптимума и пределами устойчивости при приближении к которым организмы испытывают постепенное угнетение, выделяются зоны стресса в рамках диапазона устойчивости. Как показали многочисленные исследования данные результаты наблюдений для подавляющего видов живых организмов указанная зависимость сохраняется при естественном различии влияния абиотических факторов на разные виды. Однако, если оптимумы и пределы устойчивости у разных видов неодинаковы, их общие диапазоны устойчивости могут в значительной степени перекрываться.

Установленные зависимости относятся к категории важнейших закономерностей в экологии. Надо сказать, что исторически первым для этой науки был закон, устанавливающий зависимость живых систем от факторов, ограничивающих их развитие (так называемых лимитирующих факторов).

**Закон минимума.** Ю.Либих в 1840 году установил, что урожай зерна весьма часто определяется не теми питательными веществами, которые ему необходимы в ощутимых количествах, а теми которых нужно совсем немного, но которых явно недостаточно в почвах. Сформулированный им закон гласил: “Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется величина и устойчивость последнего во времени”. Этот закон подтвердился, как мы выше указывали, не только наличием или

недостатком питательных веществ, но и температуры, влажности, освещенности и т.д. Действия закона ограничивают два принципа; первый: закон Либиха строго применим только в условиях стационарного состояния. Поэтому более точной формулировкой будет: “при стационарном состоянии лимитирующим будет то вещество, доступные количества которого наиболее близки к необходимому минимуму. Второй же принцип касается взаимодействия факторов Среды. Высокая концентрация или доступность некоторого вещества может изменить необходимость потребления минимального питательного вещества. Многие организмы способны заменить одно дефицитное вещество, другим, имеющимся в избытке (Горелов А.А. 1998). Дальнейшие разработки позволили сформулировать так называемый закон толерантности (от лат. *tolerantis* - терпение): “отсутствие или невозможность развития экосистемы определяется не только недостатком, но и избытком любого из факторов (тепло, свет, вода). Значит организмы характеризуются как экологическим минимумом, так и максимумом. как говорится: “слишком много хорошего тоже плохо”. Диапазон этот составляет пределы толерантности, в которых организм нормально реагирует на влияние среды. Закон толерантности предложил В.Шелфорд в 1913 году. В целом же “толелантность - это способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды” (СЭС. М. Советская энциклопедия. 1980, с.1348). Сформулированы также некоторые развивающие положения этого закона:

- живые организмы имеют широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и в то же время узкий в отношении другого;
- широкий диапазон толерантности по всем факторам позволяет организмам, которые им обладают, распространяться более широко;
- в случае, если условия по одному экологическому фактору не являются оптимальными для вида, то это влечет за собой сужение диапазона толерантности к другим экологическим факторам;
- в природных условиях организмы почти всегда оказываются под воздействием не оптимальных по значениям факторов, которые установлены для этих организмов в лабораторных условиях;
- период размножения обычно является критическим; в этот период многие факторы среды часто оказываются если не лимитирующими, то очень близкими к ним.

Мы уже отмечали, что живые организмы способны к некоторому изменению условий среды с целью ослабления лимитирующего влияния ее факторов. Виды, которые имеют широкое географическое распространение, образуют адаптированные к местам обитания свои общности, называемые экотипами. Оптимумы экотипов и пределы толерантности полностью отвечают конкретным местным условиям. В этом случае, если экотипы закреплены в генетической информации можно говорить об образовании генетических рас или о простой физиологической акклиматизации. Кстати, акклиматизация - это приспособление живых организмов к новым условиям существования, к новым биоценозам. Акклиматизация бывает природной (миграции животных, перенос семян растений животными в новые места и т.п.) и искусственной (после интродукции животных и растений). Акклиматизированные организмы могут в новых условиях давать жизнеспособное потомство (СЭС. М. Советская энциклопедия. 1980 с.31).

Границы распространения организмов - *ареал* - обусловлены соблюдением необходимых требований данного организма к условиям (факторам) среды. Каждый вид организмов формирует из его требования к территории, к различным абиотическим факторам, пище, воспроизводству и другим функциям организмов. Вся эта совокупность различных параметров среды - абиотических и биотических факторов - необходимых для оптимального обитания и развития вида определяет *экологическую нишу*. Чрезвычайно важным является следующая установленная закономерность - все факторы в экологической нише взаимосвязаны, взаимообусловлены, изменение одного из них влечет за собой изменение других, не подвергающихся воздействию.

**Экологическая ниша** представляет собой в общем виде место вида в экосистеме, определяемое его биотическим потенциалом и совокупностью факторов внешней среды, к которым он приспособлен (В.А.Вронский, 1996). Один же из самых крупных экологов современности определяет ее следующим образом: “экологическая ниша - это не только физическое пространство, занимаемое организмом, но и функциональная роль организма в сообществе (его трофическое положение) и его место относительно градиентов внешних факторов - температуры, влажности, рН почвы и др.” (Ю.Одум, 1986, т.2. с.119). Экологическая ниша как пространственное формирование характеризуется прежде всего шириной ниши и перекрытием ниши с соседними.

Представление об экологической нише было впервые высказано зоологом Дж.Гринеллом (1914), который рассматривал ее в большей степени как пространственное образование сродни ареалу, хотя и придавал значение и биологическим потребностям видов в этом пространстве.

У.Элтон (1927) под экологической нишей подразумевал в гораздо большей степени тип питания, т.е. место в трофических цепях. Практически отвечающим данным выше определению экологической нише были разработки Дж.Хатчинсона (1957), который впервые рассмотрел ее как сумму всех связей организмов данного вида с абиотическими условиями среды и с другими видами организмов. В этом случае обойтись лишь шириной ниши и ее перекрытием можно только для самых приближенных оценок, в целом же необходимо рассматривать экологическую нишу как многомерное пространство по каждой из ординат которой располагаются пределы требований вида и отдельным экологическим факторам. Объем экологической ниши определяется как требованиями вида к среде, так и степенью реакции среды на эти требования. В первом случае - это фундаментальная экологическая ниша, а во втором, когда среда не всегда (скорее зачастую) в полном объеме удовлетворяет требованиям - это реализованная ниша. Перекрытие же одной ниши другой тесно увязывается с конкурентными отношениями организмов, но это то же может быть оценено как одна из ординат "экологического гиперпространства".

Надо отметить, что согласно Ю.Одуму (1975) экологическая ниша некоторого организма зависит не только от того, где он живет, но и от того, что он делает (как он преобразует энергию, каково его поведение, как он реагирует на физическую и биологическую среду и как он ограничен другими видами. Этот исследователь определил экологическую нишу как "профессию" вида в сообществе. Специализация вида по питанию, использованию пространства, времени активности и другим условиям влияет на динамику и размеры экологических ниш. Даже близкородственные виды, живущие совместно специализируются по питанию весьма тонко, например, копытные в саваннах Африки просто разделяют между собой растение намеченное в пищу: зебры срывают верхушки трав, антилопы гну питаются оставшимися листьями после зебр, газели выщипывают низкую траву, а антилопы топи доедают сухие стебли.

Очень близко к рассмотрению экологической ниши находится понятие жизненных форм различных видов. *Жизненную форму*, ту или иную, виды приобретают в процессе эволюции при жизни в тех или иных условиях.

**Жизненная форма** - это комплекс видовых приспособлений, обеспечивающих успешное выживание и воспроизведение вида в данных условиях. Жизненные формы могут быть весьма схожими у разных видов, живущих в одинаковых экологических нишах, что часто выражается даже в морфологическом сходстве представителей совершенно разных неродственных видов. Классический пример такого сходства "ихтиозавр-тунец-дельфин", которое объединяет быстро плавающих в водной среде (И.А.Шилов, 2000). Изучение жизненных форм представляет собой весьма сложную, комплексную проблему в связи со значительным разнообразием и комплексностью факторов, послуживших их образованию. Надо сказать, что исследованиями жизненных форм занимался еще А.Гумбольдт, а сам термин ввел Е.Варминг в 1844 г., пока не удалось создать более или менее общую классификацию жизненных форм в соотношении их с экологическими типами.

В целом же дополнительное разнообразие, которое вносится в биоценозы за счет создания их "пищевой" структуры в еще большей степени повышает устойчивость экосистем. Чем сложнее условия, тем больше количество отличающихся по биологическим особенностям видов могут освоить данный биотоп. С возрастанием биологической сложности состава экосистем уменьшается объем экологических ниш. По А.Тинеману, в благоприятных условиях высоко число видов, по каждой из них представлен относительно небольшим числом особей; в неблагоприятных условиях это соотношение меняется на обратное, это так называемое правило "числа видов и числа особей".

И.А.Шилов (2000) приводит меткое выражение известного биолога А.Уоллеса о том, что в тропических лесах легче за день поймать по одной бабочке ста видов, чем сто бабочек одного вида. "Пищевая" структура биоценозов создает определенную свободу в формировании сообщества: биологически сходные виды могут в известной степени замещать друг друга в разных экосистемах.

Жизненная форма растений по К.Раункнеру (1903):

- фанерофиты (от гр. “видимый” и “растений”) - растения, у которых почти возобновления находятся на некотором расстоянии от поверхности почвы (выше 25 см); это главным образом деревья и крупные кустарники;

- хамефиты (от гр. “на земле”) - растения (мелкие кустарники, кустарники, низкорослые суккуленты), у которых почки возобновления расположены низко над поверхностью почвы (ниже 25 см);

- гемикриптофиты (от гр. “полу” и “скрытый”) - многолетние травянистые растения, у которых почки возобновления располагаются на уровне почвы и защищены отмершими листьями или снегом;

- криптофиты - многолетние травы, у которых почки возобновления закладываются в луковицах, клубнях, корневищах, и находятся в почве или под водой, благодаря чему они защищены от прямого воздействия среды;

- терофиты (от гр. “лето”) - однолетние травянистые растения, которые переживают неблагоприятный для их жизнедеятельности период в виде семян.

Жизненная форма животных по А.Н.Формозову:

- наземные;

- подземные (землерон);

- древесные;

- воздушные;

- водные.

В процессе взаимоотношений и взаимодействий видов и отдельных живых организмов происходит их естественный отбор, приспособительная изменчивость. Вопросам естественного отбора мы уделим специальное внимание несколько ниже.

Факторы среды как по отдельности, так и в комплекс при воздействии на живые организмы заставляют их изменяться, адаптироваться к этим факторам. Эта способность носит название экологической валентности или пластичности. *Пластичность или экологическая валентность* каждого вида различна и различным образом сказывается на живых организмах, на способность их выживать в условиях меняющихся факторов среды. Если к биотическим факторам организмы не только приспосабливаются, но и могут на них воздействовать, изменяя другие живые организмы, то с абиотическими факторами среды это невозможно: организм может к ним приспособиться, но не в состоянии оказать на них сколько-нибудь значимое обратное влияние.

Существует два типа приспособления к внешним факторам. Первый, по И.А.Шилову (1999), заключается в возникновении определенной степени устойчивости к данному фактору, способности сохранять функции при изменении силы его воздействия. Это пассивный путь адаптации - адаптацию по принципу выносливости (толерантности). Такой тип приспособления формируется как характерное видовое свойство и реализуется преимущественно на клеточно-тканевом уровне. Второй тип приспособления - активный. В этом случае организм с помощью имеющихся у него специфических адаптивных механизмов компенсирует изменения, вызванные воздействующим фактором, при этом внутренняя среда организма остается относительно постоянной. Этот вид адаптации поддерживает динамическое равновесие внутренней среды организма.

Выделяют организмы, приспособленные к широкому диапазону имеющихся факторов среды - эврибионты или эвритопные, и организмы меняющиеся только в узком диапазоне - стенобионты или стенотопные, соответственно, например, для приспособленных к жизни в широком температурном диапазоне - эвритермные, в узком - стенотермные..

*Адаптации* вырабатываются у живых организмов под влиянием множества динамических экологических факторов, зависящих от геологических, климатических и даже астрономических процессов. Адаптации должны быть закреплены в наследственной информации, что достигается в результате эволюции, которая должна синхронизирована как сроками воздействия факторов, так и временем существования живого организма и вида.

Адаптации могут быть морфологическими, выраженными в приспособлении строения (формы) организмов к факторам среды, примером могут служить различия в размерах ушных раковин у лесных и степных ежей; физиологическими - приспособление пищеварительного тракта к составу пищи, примером является строение желудка с наличием дополнительного отдела у жвачных травоядных, поведенческими

или этологическими - приспособление поведения животных к температурным условиям, влажности и т.д., примером вполне может служить зимняя спячка у ряда животных: грызунов, медведей и др.

Приспособления к питанию растениями обнаруживаются как было отмечено и на физиологическом уровне. Особенно выражены они у животных, питающихся грубыми тканями вегетативных частей растений, содержащими большое количество клетчатки. В организме большинства животных не продуцируются целлюлозолитические ферменты, а расщепление клетчатки осуществляется симбиотическими бактериями и некоторыми простейшими кишечного тракта.

Среди млекопитающих переработка клетчатки особенно специализированна у жвачных копытных, желудок которых имеет сложное строение (рис. ). Наиболее объемистый его отдел - рубец - служит вместительным, в котором "проглоченный" корм перемешивается со слюной и подвергается воздействию ферментов симбиотических бактерий и простейших. Продукты бактериологического сбраживания клетчатки (в основном летучие жирные кислоты - уксусная, янтарная, масляная) всасываются здесь же, в рубце. Оставшаяся часть растительной массы после вторичного пережевывания подвергается действию желудочного сока в другом отделе желудка - сычуге - и далее следует обычным путем через кишечник, последовательно обрабатываемая различными ферментами. При таком типе питания в кишечник наряду с растительной массой попадает большое количество бактерий и простейших, клетки которых служат источником белкового питания; кроме того, некоторые бактерии в рубце способны синтезировать белок из аммонийных солей и мочевины.

У других млекопитающих основным местом переработки клетчатки является толстая кишка, особенно ее слепой вырост. Химизм этих процессов сходен с пищеварением в рубце. У зайцеобразных и многих грызунов в связи с таким типом пищеварения выделяется два типа помета: первичный, который выводится из организма. Поедание первичного помета способствует утилизации содержащегося в нем белка (включая и бактериальные белки), а может быть, и "подсеву" регулярно теряемой с экскрементами кишечной флоры. Аналогичным образом в области толстого кишечника и его слепых выростов идет переваривание клетчатки у питающихся растительными тканями, птиц (куриные, гусеобразные, враковые и др.)

Одним из видов адаптации является наличие приспособительной окраски у ряда животных как средство пассивной защиты. Многие животные средних и высоких широт зимой имеют белую окраску - заяц, горностаи, песец; а скрывающая (расчленяющая) окраска, например, чередование светлых и темных полос или в виде пятен, у тигра, зебры, леопарда, приводит к тому, что они плохо видны на открытой местности или в меняющемся свете в лесу, в тайге.

В качестве же наиболее известного вида адаптации стоит остановиться на *мимикрии* - подражании животных и растений определенным предметам как живой, так и неживой природы. В 1862 году английский натуралист Г.Бейтс при изучении животных в бассейне р.Амазонки установил подражание незащищенного съедобного вида (имитатора) другому, неродственному ему виду, который невкусен и опасен для хищника ("мимикрия Бейтса"). Так, многие виды безвредных змей сходны по внешнему виду с ядовитыми и др. Такие имитаторы широко встречаются среди насекомых, амфибий, птиц, рептилий. В 1878 году немецкий зоолог Ф.Мюллер при изучении насекомых также в Бразилии показал, что различные несъедобные виды животных имеют сходную предупреждающую окраску, которые всем им приносит пользу, так как хищники, часто сталкиваясь с несколькими видами - имитаторами, привыкают избегать всех, которые входят в "кольцо мимикрии". (В.А.Вронский, 1996).

Адаптация к любому фактору связана с затратами энергии. В зоне оптимальных условий для жизнедеятельности организмов адаптивные механизмы отключены, и энергия расходуется только на фундаментальные жизненные процессы, это так называемые энергозатраты на базальный метаболизм. Если значения фактора воздействия выходят за пределы оптимума, то организм или вид включает адаптивные механизмы, функционирование которых сопряжено со значительными энергозатратами, тем большими, чем ближе смещение в зону стресса. При этом увеличение энергетических расходов резко ограничивает возможный набор форм жизнедеятельности организма: чем дальше от оптимума находится количественное выражение фактора, тем больше энергии направленно расходуется на адаптацию и тем меньше "степеней свободы" в проявлении иных форм деятельности. (И.А.Шилов, 2000).

Взаимодействие биотических и абиотических факторов выражается комплексно, хотя влияние одного или другого из них может быть и отдельным, большей или меньшей интенсивности. Совокупное



действие на организм нескольких факторов среды обозначают термином - *констелляция*. Экологически важно то обстоятельство (по И.А.Шилову, 1999), что констелляция не представляет собой простой суммы влияния факторов; при комплексом воздействии между отдельными факторами устанавливаются особые взаимодействия, когда влияние одного фактора в какой-то мере изменяет (усиливает, ослабляет и т.п.) характер воздействия другого. В качестве примера можно привести факт различий в реакции газообмена у рыб в условиях разной солености воды.

Принципиальных путей адаптации к определенному факторам немного: адаптивные механизмы полностью запрограммированы физико-химической природой данного фактора. В ходе эволюции жизни на Земле адаптация к лимитирующим факторам нередко определяла наиболее фундаментальные изменения в морфологии и физиологии. “Так, выход позвоночных животных на сушу был невозможен без применения двух принципиальных лимитирующих факторов: малой плотности среды и низкой ее влажности. В водной среде плотность которой сопоставима с плотностью тела животных, организмы оказывались “парящими” в воде, локомоторная система функционировала лишь для придания телу поступательного движения. В воздушной среде такой принцип локолюции<sup>5</sup> оказался непригодным: благодаря малой плотности воздуха наземные животные прижаты к субстрату весом собственного тела. Эволюционно эта задача решалась путем формирования конечностей рычажного типа, способных одновременно обеспечить функцию опоры на субстрат и функцию поступательного движения. “Четвероногие”, т.е. наземные позвоночные, таким образом, возникли как результат приспособления к малой плотности среды.

Низкая влажность воздушной среды лимитировала функционирование водного типа дыхательной системы, поскольку создавала постоянную угрозу высыхания поверхности дыхательного эпителия. Приспособление к дыханию в новой среде - появление легких; у легочно-дышащих животных дыхательная поверхность не соприкасается с воздушной средой, а связана с ней узкими воздухоносными путями и снабжена системой желез, увлажняющих как поверхность дыхательного эпителия, так и подводимый к нему воздух. Одновременно шли эволюционные перестройки строения покровов, направленные на снижение потерь влаги через поверхность тела” (И.А.Шиллов, 2000 с.225).

В конкретных биоценозах все живые организмы представлены популяциями многих видов, состав которых специфичен для каждого конкретного сообщества. Взаимоотношения между видами, находящимися на различных функционально связанных пищевых (трофических) уровнях, образуют систему трофических (пищевых) цепей, которые в свою очередь формируют трофическую (пищевую) структуру биоценоза.

Трофические (пищевые) цепи и трофические уровни как было уже показано выше имеют важнейшее значение для функционирования биогеоценозов и играют роль определяющего фактора во взаимоотношениях живых организмов. При изучении любой биотической системы можно проследить бесчисленное множество

путей движения вещества, запасенной энергии и информации, можно установить, что один организм поедается другим, тот - третьим и т.д., т.е. образуется трофическая цепь. При этом выясняется, что трофические цепи почти никогда не бывает изолированными. Известным фактором является, что травоядные животные поедают не одно растение, а питаются сразу несколькими видами, а сами могут служить пищей нескольким видам консументов. Практически все пищевые цепи соединены между собой и образуют сложную сеть пищевых взаимоотношений (рис. ).

Все продуценты относятся к первому трофическому уровню, все первичные консументы независимо от того живыми или мертвыми продуцентами они питаются относятся ко второму трофическому уровню, соответственно консументы 2-го порядка - к третьему и т.д. Как правило количество трофических уровней не превышает трех-четырёх. Б.Небел (1993) этот вывод подтверждает следующим: общую массу организмов (их биомассу) на каждом трофическом уровне можно подчитать путем сбора (или отлова) и последующего взвешивания соответствующих выборок растений и животных. Таким образом, установлено, что на каждом трофическом уровне биомасса на 90-99% меньше, чем на предыдущем. Из этого нетрудно представить, что существование большого числа трофических уровней невозможно из-за того, что биомасса весьма быстро приблизится к нулю. Графически это представляется в виде пирамиды биомассы (рис. ).

По Ю.Одуму (Основы экологии, 1975 г. с. 105) “Экологическая пирамида, представляющая собой трофическую структуру, основанием которой служит уровень продуцентов, а последующие уровни образуют этажи и вершину пирамиды, может быть трех основных типов: 1) пирамида чисел, отражающая численность отдельных организмов; 2) пирамида биомассы, характеризующая общий сухой вес, калорийность или другую меру общего количества живого вещества; 3) пирамида энергии, показывающая величину потока энергии и (или) “продуктивность” на последовательных трофических уровнях.”

Снижение биомассы по трофическим уровням объясняется тем, что на более высоком трофическом уровне большая часть потребляемой в пищу биомассы организмами не на формирование тела организмов, а на получение из этой пищи запасенной в ней энергии.

Нелишним будет подчеркнуть еще раз значимость продуцентов для поддержания функционирования экосистем: без производимой биомассы экосистема довольно быстро “съела бы” себя саму.

*Биотические факторы* проявляются в коакциях организмов при совместном обитании и имеют весьма разнообразный и можно сказать даже причудливый характер. Виды взаимодействий подразделяются следующим образом:

1. *Нейтральные*, или независимые, отношения устанавливаются довольно часто между разными видами, которые совместно обитают в пределах одного биогеоценоза, на одной территории. В данном случае одни организмы не оказывают влияния на другие непосредственным образом, хотя имеют общие потребности в пище, но не вступают во взаимоотношения друг с другом, например, олени или лоси живут в одном лесу с белками, тетеревами, но не мешают друг другу, хотя питаются растительной пищей и даже из одного растительного яруса. Разные виды копытных в саваннах Африки образуют на пастбищах совместно пасущиеся стада, но не мешают друг другу и питаются растительной пищей из разных растительных ярусов.

2. *Конкуренция* - это тип взаимоотношений, который обычно у близких видов (как правило не более двух), имеющих сходные потребности и обитающих на одной территории. Растения, которые растут рядом вынуждены соперничать в борьбе за воду, солнечный свет, биогены, да и за жизненное пространство. Присутствие одного вида или организма уменьшает ресурсы пищи, сокращает возможность для расселения другого вида и организма. В качестве примеров можно привести конкуренцию различных видов грызунов обитающих на одном поле или конкуренцию злаков и сорняков на том же поле, волков и лис живущих в одном лесу. В результате такого рода взаимодействия более слабый конкурирующий организм или вид вытесняется более сильным, а в худшем случае погибает. Конкуренция возникает в некоторых случаях и внутри одного вида между отдельными организмами, что в большинстве случаев вызвано тем, что эти организмы используют одни и те же ресурсы и протекает тем острее, чем ограниченнее эти ресурсы. К такому виду конкуренции относятся, например, борьба за лучшее место гнездования, за самку для продолжения рода. В некоторых случаях за счет адаптации к условиям среды, например, у некоторых животных - бабочек, амфибии-личинки и взрослые особи питаются разной пищей и живут в разных ярусах экосистемы. Это в целом снижает давление конкуренции. Иными словами возможность организмов или видов меняться при воздействии факторов Среды и наличие ресурсов позволяет уменьшать конкурентную борьбу, в частности за счет того, что разные виды животных адаптированы к питанию неодинаковой пищей, в разных местах и (или) в разное время.

*Хищничество*. Организмы, которых относят к хищникам, питаются другими организмами, уничтожая свою жертву. Таким образом среди живых организмов следует выделять еще одну классификационную систему, а именно “хищники” и “жертвы”. Отношения между такими организмами складывались на протяжении всей эволюции жизни на нашей планете. Организмы-хищники выступают в роли природных регуляторов численности организмов-жертв. Увеличение численности “хищников” приводит к уменьшению численности “жертв”, это в свою очередь снижает запасы пищи (“жертв”) для “хищников”, что в целом диктует снижение численности “жертв” и т.д. Таким образом, в биоценозе постоянно происходят колебания численности хищников и жертв, в целом же устанавливается определенное равновесие на какой-то период времени в пределах достаточно устойчивых условий среды. Следует отметить, что в условиях конкурентной борьбы происходит изменение даже в поведении хищников и жертв, как это происходит в стадах оленей, когда выстраиваются в круг для отражения нападения волков повернутыми в сторону нападающих рогами. Довольно часто хищники в первую

очередь уничтожают слабые и больные организмы, что является положительным фактором в поддержании здоровья живых организмов. Если поедают друг друга особи одного вида, то такого рода отношения носят название каннибализма. Взаимоотношения типа хищничества не являются исключительно присущим животным; среди растений известно насекомоядные - росянки; среди микроорганизмов известно явление фагоцитоза.

Кроме пищевых взаимоотношений между отдельными организмами и видами возможны и иные, например, паразитизм, симбиоз, "нахлебничество".

*Паразитизм* представляет собой отношения, при котором один вид живет за счет ресурсов другого. Под ресурсами в данном случае понимается, что один организм служит для другого и источником пищи, и местом обитания. Самым простым примером являются гельминты - паразитические черви, обитающие в пищеварительных и выделительных системах животных, да и человека. В целом же к паразитам чаще всего относят простейших, бактерии, грибы, черви. В отличие от хищника паразит не убивает свою жертву, а достаточно длительное время живет за счет ее ресурсов. Паразитизм может быть временным и постоянным, иногда в процессе жизни возможна смена хозяев. В процессе эволюции у паразитов выработались приспособления к осуществлению своей жизнедеятельности - упрощение органов, редукция частей тела. Например, у паразитических червей полностью редуцированы органы пищеварения, а растения-паразиты теряют значительную часть хлорофилла.

*Мутуалистические отношения или мутуализм* - это один из способов реализации пищевых цепей. В целом в пищевых цепях подразумевается, что один из видов извлекает выгоду, а другому наносится вред. Однако в природе существует немало случаев, когда виды вступают во взаимовыгодные отношения, - этот феномен и носит название мутуализма. Классическим примером являются лишайники, которые собственно и представляют собой не один, а два организма - гриб и водоросль. Гриб обеспечивает водоросли защиту, позволяя ей выжить в таких условиях малой влажности, где она собственно сама выжить не может, ну а водоросль как продуцент предоставляет грибу пищевые ресурсы. Кстати и сами грибы сосуществуют с корнями деревьев, где процессы положительного мутуализма или симбиоза аналогичны лишайникам; можно также вспомнить отношения актинии и рака-отшельника, цветков растений и насекомых и т.д.

К неконкурентным отношениям организмов следует отнести так называемое "*нахлебничество*" - это взаимоотношения, когда один вид извлекает пользу от присутствия другого, которому большей частью наличие этого вида безразлично: рыбы-лоцманы и рыбы-прилипалы следуют за акулами и др. В отдельных случаях отмечен так же такой вид отношений, который можно назвать *квартиранством*, например, в полости рта голотури живут мелкие морские организмы; мхи, лианы и другие растения-эпифиты только прикрепляются к стволам и ветвям деревьев, для лучшего доступа к воздуху, влаге и свету, но существует за счет своего собственного фотосинтеза.

Таким образом среди организмов, населяющих экосистему (биогеоценоз) существуют весьма непростые виды взаимоотношений как пищевые, так и непищевые, что в целом в силу разнообразия их проявления повышает устойчивость жизненных процессов.

Каждый вид живых организмов обладает наиболее существенным геохимическим свойством, а именно специфичностью обмена веществ с внешней средой. В целом *вид* является формой существования жизни. Вследствие специфичности в метаболизме только разнообразие видов в составе каждого трофического уровня, а следовательно, и в составе экосистемы обеспечивает максимальную эффективность использования источников и форм энергии для синтеза первичной продукции и трансформации вещества на разных этапах биогенного круговорота, вплоть до полной минерализации и повторного вовлечения в цикл. Кроме того, многообразие в биогеоценозе равнозначных видов по функциональным признакам является механизмом обеспечения устойчивости собственно круговорота, т.е. потоков вещества, энергии и информации по трофическим цепям. Кстати природа разработала специальный механизм замены "выпавшего" вида в трофической структуре биогеоценоза другим равнозначным по функциональным возможностям видом, который при нормальных условиях функционирует в том же биогеоценозе. Биологическое разнообразие или разнокачественность жизни как фактор устойчивости биологических круговоротов на уровне биогеоценоза реализуется путем увеличения видового разнообразия. Биоразнообразие в настоящее время признается как один из глобальных факторов, определяющих саму возможность существования жизни как планетарного явления. Неслучайно

вопросу сохранения биоразнообразия уделено такое большое внимание в “Повестке дня на XXI век” принятой на глобальном экофоруме в Рио-де-Жанейро в 1992 г.

*Популяции.* Виды живых организмов обеспечивают устойчивое поддержание биогенного круговорота в биогеоценозе на уровне популяции. Изучение популяций занимают достаточно давно и к настоящему времени сложилось определенное понимание особенностей их функционирования. Под популяцией понимают исторически сложившуюся естественную общность особей живых организмов одного вида, связанных генетически, населяющих общие места обитания и реализующих закономерные функциональные взаимодействия.

По А.М.Гилярову (1990, с.38): “популяция - это любая способная к самовоспроизведению совокупность особей одного вида, более или менее изолированная в пространстве и времени от других аналогичных совокупностей того же вида”. Особи в популяции скрещиваются друг с другом и таким образом размножаются. Без этого условия вид из экосистемы исчезнет.

В современной популяционной экологии эту общность организмов рассматривают как биологическую систему надорганизменного уровня, обладающую собственными функциями и структурно обусловленную (С.С.Шварц, 1980, И.А.Шилов, 1999).

Рассмотрение популяций обычно проводят с двух главных позиций. Во-первых, популяция является формой жизни конкретного вида живых организмов в условиях среды их обитания. В этом случае осуществляется важнейшая функция популяции - обеспечение выживания живых организмов составляющего ее вида и воспроизведение вида в данных условиях. Данная функция обеспечивается ориентированными адаптациями (приспособительными изменениями) отдельных особей вида, имеющих морфологическую общность, а также сформированными закономерными взаимоотношениями. Все это поддерживает и регулирует возможности размножения (воспроизводство) особей вида. Процесс этот носит непрерывный характер выражающийся в смене отдельных индивидов внутри популяции и поэтому при оптимальных условиях жизнедеятельности существование популяции может продолжаться неограниченно долго - популяция бессмертна как структурная единица.

Во-вторых, популяция, являясь структурной единицей биогеоценоза (экосистемы) выполняет одну из главнейших его функций, а именно участвует в биологическом круговороте. В данном случае реализуется видоспецифическая особенность типа обмена веществ. Популяция представляет вид в экосистеме и все межвидовые взаимоотношения осуществляются в ней на популяционном уровне. Устойчивая реализация функции участия в биогенных процессах определяется специфическими механизмами авторегуляции, которые создают условия самоподдержания популяции как системы в изменяющихся внутренних и внешних факторов Среды обитания.

В целом популяции обладают всеми признаками самостоятельной функционирующей биологической системы. Популяция имеет пространственное расположение входящих в нее элементов, они структурированы, что позволяет оптимально использовать ресурсы среды, а также создает условия для бесперебойного осуществления внутрипопуляционных взаимоотношений.

Однако особи, входящие в вид формирующий данную популяцию, не являются абсолютно идентичными в осуществлении внутрипопуляционных взаимоотношений. Эти взаимоотношения образуют определенную функциональную систему. Даже при условии общего морфофизиологического типа (сходстве) отдельные особи неравноценны по своему участию в жизнедеятельности популяции. Таким образом, популяция структурирована еще и функционально.

Особи в популяциях находятся в состоянии постоянного обмена информации, что представляет собой специфический механизм взаимодействия живых организмов. На базе генетической разнокачественности организмов, а у высших животных на поведенческом уровне в популяции вырабатываются весьма сложные, но очень эффективные механизмы авторегуляции.

Следует отметить чрезвычайно важную особенность функционирования популяции: взаимодействие особей со средой осуществляется через физиологические реакции, причем эти реакции исключительно индивидуальны, но направленность их такова, что в целом они реализуют общепопуляционные функции. Как утверждает И.А.Шилов (2000, с.46): “физиология отдельных организмов в составе популяции как бы решает двойную задачу: физиологические процессы обеспечивают, с одной стороны, жизнь и адаптацию самой особи, а с другой - устойчивое поддержание функций целостной популяции”.

Организация на популяционном уровне связана главным образом с регулированием численности и плотности популяций. Численность популяции - это общее число особей, обитающих на какой-либо территории или в сообществе. Плотность популяции - это величина, определяемая числом особей или биомассой по отношению к единице пространства (территории или даже сообществу, если его можно описать пространственно). Пространственная структура популяции определяется особенностями расселения популяции на территории. Часто отдельные особи образуют семьи, стаи, стада и т.п. С помощью специальных сигналов они отмечают занимаемый участок (пение птиц, пахучие вещества или экскременты у животных и т.д.). Отмечены даже определенные маршруты миграции. При резком возрастании численности популяции возможно изменение пространственной структуры за счет конкурентной борьбы.

В естественных условиях численность и плотность популяции определяются регулирующими (управляющими) экологическими факторами. Объем популяции определяется *стациональной емкостью экосистемы* (станция - место обитания). Размеры популяции неограничены; каждая популяция имеет верхний и нижний пределы размеров. Способность популяции к увеличению характеризуется рождаемостью. Абсолютная (максимальная или физиологическая) рождаемость - это теоретически возможное количество особей в идеальных условиях, когда размножение ограничивается только физиологическими факторами (для каждой данной популяции это величина постоянная). Кроме этого различают экологическую или реализуемую рождаемость. Рождаемость определяется способностью популяции воспроизводить новые особи с определенной частотой (число детенышей, отложенных яиц, икринок у животных, семян и спор у растений). У микроорганизмов рождаемость зависит от скорости деления клеток.

Смертность характеризуется числом особей, умерших за определенный период, т.е. скоростью уменьшения численности популяции. На разных стадиях развития гибель особей существенно различна. Смертность рыб на стадии икринок и мальков значительно выше, чем среди взрослых особей. Чем выше развит инстинкт заботы о потомстве, как у высших животных, тем больше особей выживает в раннем возрасте. В противном случае рост смертности компенсируется высокой плодовитостью особей.

Каждая популяция структурирована по возрасту, численности, пространству, полу. Возрастная структура популяции определяется соотношением особей разного возраста; при этом установлено, что это соотношение непостоянно, а имеет довольно сложные колебания. В стабильной популяции рождаемость равна смертности и численность популяции почти не меняется, разновозрастные группы находятся примерно в одинаковом соотношении. В растущих популяциях рождаемость превышает смертность и численность увеличивается. Половая (сексуальная) структура определяется соотношением полов, количеством самцов и самок в популяции. Практически нет популяций сходных по этой структурной характеристике (у животных известны "гаремные" и "парообразующие" формы).

По отношению к популяции выделяют три возраста - пререпродуктивный, репродуктивный, пострепродуктивный. Существует константа стабильного распределения по возрастам. Для мелких организмов характерен короткий жизненный цикл, для крупных - более длинный. Как отмечается многими специалистами, А.А.Горелов (1998) в популяции имеет место компенсаторный механизм, который диктует следующую закономерность: "высокое выживание обуславливает высокую вероятность снижения выживания в последующие годы". (с.22) Распределение особей может быть случайным, если среда существования популяции однородна и особям нет необходимости объединения в группы и т.п.; равномерным - при наличии сильной конкуренции между особями, что приводит к их распределению по пространству; групповым - в виде стаи, стада и т.п., если это определяет оптимальность выживания.

Параметры популяции весьма изменчивы во времени и зависят от множества факторов. В популяции идут два противоположных процесса - изоляции и агрегации. Факторы изоляции - конкуренция между особями за пищу при ее недостатке и прямой антагонизм. Это ведет к равномерному или случайному распределению особей. Выше мы уже рассматривали вопрос о конкуренции. Для агрегации характерны два последствия: увеличение внутривидовой конкуренции и увеличение взаимопомощи, способствующей выживанию группы в целом. "У особей, объединенных в группу, по сравнению с одиночными особями нередко наблюдается снижение смертности в неблагоприятные периоды или при нападении других организмов, поскольку в группе поверхность их соприкосновения со средой по

отношению к массе меньше и поскольку группа способна изменять микроклимат или микросреду в благоприятном для себя направлении” (Ю.Одум с.269).

Периодический уход и возвращение на данную территорию называют миграцией. Изменения численности организмов во времени называют динамикой популяции. Периодические колебания называются осцилляциями, непериодические - флуктуациями. Первые связаны с регуляторными изменениями факторов среды, сезонными ритмами. Иногда отмечаются вспышки численности особей незакономерного характера, флуктуационного типа, которые называются популяционными волнами.

Способность популяции к авторегуляции носит название гомеостаза популяции. Обычно популяция находится именно в этом состоянии - динамического равновесия, которое достигается за счет чередования положительных и отрицательных обратных связей. При росте численности особей сокращаются запасы пищи, что влечет уменьшение численности за счет увеличения смертности, а сократившаяся популяция позволяет накопить запасы пищи и ведет к увеличению рождаемости, т.е. росту численности и т.д.

Таким образом, структурированность, интегрированность составных частей (особей) или целостность, авторегуляторные механизмы и способность к адаптациям - это в целом определяет популяцию как биологическую систему надорганизменного уровня.

*Организм.* Главной составляющей популяции является особь или организм. Организм представляет собой структурно-функционально организованную подсистему. Она занимает вполне определенное положение в популяционных взаимосвязях и выполняет четко обусловленные функции в общепопуляционных процессах. Именно организм представляет собой ту биологическую единицу, на уровне которой осуществляется обмен веществ, и которая собственно находится в тесных взаимосвязях как с другими организмами и более крупными биологическими системами, так и с факторами неживой природы.

Еще в конце XIX в. К.Бернар, рассматривал организм как биологический объект, как систему интегрированных обособленных морфологических частей. Он утверждал, что за счет стабильности физико-химических условий во внутренней среде организма реализуется свобода и независимость живых организмов в изменчивых условиях среды.

Значительным достижением в биологической науке явилось установление в 1929 году У.Кенноном гомеостаза (от гр. “тоже” и “состояние”) организма, который отражает его целостность организма и возможность поддержания постоянства внутренней среды. В 1949 г. это было серьезно дополнено и обосновано в работе П.К.Анохина, в его концепции функциональных физиологических систем.

По И.А.Шилову (2000, с.47), “функция обмена веществ в организме определяется согласованной деятельностью различных систем органов; регуляция метаболических процессов лежит в основе адаптации жизнедеятельности к изменчивым условиям среды. Устойчивость обменной функции в глобальном масштабе определена способностью живых организмов к самовоспроизведению - уникальной функцией живого вещества”. Следует отметить, что в реализации этой функции кроме вещественного круговорота и регуляции потоков энергии, огромная роль принадлежит информационным взаимодействиям и во многом самовоспроизведение является реализацией информационных функций организмов. Рассмотрение живого организма (особи) как носителя определенного информационного объема еще далеко не завершено и требует дополнительных исследований. Это имеет значение и для понимания закономерностей функционирования особей внутри популяций, а также и на межвидовом уровне.

Чрезвычайно важным представляется рассмотрение организма как среды жизни. Весь комплекс физиологических процессов на уровне организма подразделяется на реализующиеся во внутреннем функционировании и на “реакционные” (ответные) на воздействие окружающих факторов среды. Первая группа реакций - это составляющие сущности жизни: поглощение, переваривание и усвоение пищи, клеточный обмен веществ (собственно метаболизм), дыхание, водно-солевой обмен и др. Суммарно они создают условия для жизни организма, т.е., если они есть в наличии, то организм можно отнести к “живому”. Если же рассмотреть эти процессы глобально, то опять же суммарно они создают возможность функционирования соответствующего данному виду обмена в трофической системе или биогенном круговороте.

Такое функционирование встречает достаточно активное противодействие со стороны окружающей организм среды, которая воздействует не только многофакторно, но и весьма динамично. Вследствие этого вторая группа физиологических реакций направлена на адаптацию организма к действию факторов, влияющих на протекание жизненно важных процессов в организме, на функционирование первой группы процессов. Проще говоря, эта вторая группа относится к процессам “выживания” в сложной и изменчивой среде. Интегрированный результат данных физиологических процессов выражается в поддержании гомеостаза организма, в создании относительного постоянства условий его внутренней среды.

Кроме вышеуказанных “общеорганизменных” функций наличие гомеостаза организма существует еще одна очень важная особенность: живое вещество как бы создает еще одну среду обитания, а именно возможность заселения организма другими живыми существами для постоянного или временного обитания. Эта вновь созданная жизнью новая биотическая среда обитания. К существам, которые заселяют эту среду, многие специалисты относят вирусы, так, например, И.А.Шилов (1999) считает, что исключительная простота их устройства является вторичным явлением, даже скорее это вновь возникшая форма живых существ, полностью освоившая внутриклеточную среду в организмах других уровней. Вторым подтверждением этого тезиса является то, что вирусы обладают высокой степенью сложности и разнообразия генетической системы. Упрощение строения, ставшее возможным благодаря обязательным безусловным связям вирусов с хозяином-организмом, обеспечивающими стабильные условия жизни, затронуло даже фундаментальные свойства присущие подавляющему большинству форм жизни: вирусы не обладают раздражимостью и лишены собственного аппарата синтеза белка. Вирусы не способны к самостоятельному существованию, и их связь с клеткой - это не только пространственная, но и жесткая функциональная связь, в которой клетка и вирус представляют некое единство (И.А.Шилов 2000, с.47-48).

Выше мы уже останавливались на том, что существует группа живых организмов, которая использует другие как среду обитания, это так называемые паразиты. В некоторой степени к такому взаимодействию можно отнести различные формы симбиоза. Во всех случаях возникает тесно обусловленная функциональная связь между организмами, а созданные взаимоотношения развиваются коадаптационно.

Наличие вновь созданной биотической среды обитания и вторичных форм жизни в живых организмах приводит к выводу, что целостность биосферы заключена не только в ее экосистемной структурированности на глобальном уровне, но и в том, что организмы - это первое звено в циркуляции вещества в биологических системах разного уровня, функционирует как специфическая среда, в которой в свою очередь формируется и функционирует достаточно богатые сообщества живых организмов.

## **Глава 11. Круговороты в биосфере**

**Биогехимические круговороты.** В.И.Вернадский (1965, с.127) писал: “Живое вещество охватывает и перестраивает все химические процессы биосферы, действенная его энергия огромна. Живое вещество есть самая мощная геологическая сила, растущая с ходом времени”. Данное высказывание является постулатом о важнейшей роли живых организмов в формировании и поддержании основных физико-химических свойств оболочек Земли. В концепции биосферы выявляется целостность функциональной системы в пространстве занятой жизнью, где реализуется единство геологических и биологических сил на нашей планете. Основные свойства жизни реализуются за счет высокой химической активности живых организмов, их подвижности и способности к самопроизведению и эволюции. В поддержании жизни как планетарного явления важнейшее значение имеет биоразнообразие, множество форм жизни, которые отличаются набором потребляемых веществ и выделяемых в среду продуктов жизнедеятельности. Биоразнообразие - основа устойчивого функционирования биосферы, которая создает биогехимические циклы вещества, превращение энергии и использование информации.

*Круговорот биогенов.* Из почти 100 химических элементов, которые встречаются в природной среде, почти 40 необходимы для функционирования живых организмов. Из этих химических элементов N (азот), С (углерод), H (водород), O (кислород), P (фосфор), S (сера) (в том числе и в катионной форме) относятся к главным биогенам, которые требуются в значимых объемах. Химические элементы

циркулируют в биосфере по различным путям биологического круговорота: поглощаются живым веществом, “заряжаются” энергией, затем покидают живое вещество, отдавая накопительную энергию во внешнюю среду.

Таблица  
Химические элементы, содержащиеся в живых организмах,  
и их присутствие в окружающей среде (по Б.Небелу, 1993).

Элемент	Химический символ	Биологически важные молекулы или ионы содержащие данный элемент		Присутствие в окружающей среде		
		Название	Формула	Воздух	Водный раствор	Горные породы и почвы
Углерод	C	Диоксид углерода (углекислый газ)	CO <sub>2</sub>	+	+	-
Водород	H	Вода	H <sub>2</sub> O	+	-	-
Кислород (для дыхания)	O	Газообразный кислород	O <sub>2</sub>	+	+	-
Кислород (выделяемый при фотосинтезе)	O <sub>2</sub>	Вода	H <sub>2</sub> O	-	-	-
Азот	N	Газообразный азот	N <sub>2</sub>	+	+	-
		аммоний-ион	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	+	+
		нитрат-ион	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	+	+
Сера	S	Сульфат-ион	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	+	+
Фосфор	P	Фосфат-ион	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-	+	+
Калий	K	Ион калия	K <sup>+</sup>	-	+	+
Кальций	Ca	Ион кальция	Ca <sup>2+</sup>	-	+	+
Магний	Mg	Ион магния	Mg <sup>2+</sup>	-	+	+
<u>Микроэлементы:</u>						
Железо	Fe	Ионы железа	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	-	+	+
Марганец	Mn	Ион марганца	Mn <sup>2+</sup>	-	+	+
Бор	B	Ион бора	B <sup>2+</sup>	-	+	+
Цинк	Zn	Ион цинка	Zn <sup>2+</sup>	-	+	+
Медь	Cu	Ион меди	Cu <sup>2+</sup>	-	+	+
Молибден	Mo	Ион молибдена	Mo <sup>2+</sup>	-	+	+
Хлор	Cl	Ион хлора	Cl <sup>-</sup>	-	+	+

Примечание: Перечисленные элементы входят в состав всех живых организмов-растений, животных, микробов. Некоторым видам нужны и другие элементы. Человеку, например, нужен еще натрий и иод.



Биогеохимические циклы, с круговоротными принципами функционирования в геосферах Земли, подразделяются на два основных типа: 1) круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере или гидросфере (океан) и 2) осадочный цикл с резервным фондом в земной коре.

Процессы круговорота происходят в конкретных экосистемах, но в полном виде биогеохимические циклы реализуются лишь на уровне биосферы в целом.

**Круговорот углерода.** Углерод является одним из самых, наверное, часто упоминаемых химических элементов при рассмотрении геологических, биологических, а в последние годы и технических проблем. Углерод (С) встречается на нашей планете в чрезвычайно разнообразных соединениях, начиная с нахождения в виде чистого углерода (графит, уголь и т.д.), вплоть до высокомолекулярных органических соединений. Неорганическое вещество, лежащее в основе биогенного круговорота этого элемента, - диоксид углерода (углекислый газ,  $\text{CO}_2$ ). Диоксид углерода является одним из главных составляющих компонентов атмосферы, а также находится в гидросфере в растворенном состоянии. При описании фотосинтеза мы уже рассмотрели процесс перехода углерода из состава диоксида углерода в сахара (глюкозу и др.). Следующие за этим другие разнообразные реакции синтеза в биологических системах образовавшиеся углеводы трансформируют в более сложные высокомолекулярные органические соединения: липиды, крахмал, гликоген и другие. Постепенно происходит формирование тканей и их рост за счет вновь образованных соединений. Одновременно эти вещества являются источником органических соединений для других живых организмов. В последующих жизненных процессах за счет кислорода поступающего при дыхании происходит окисление органических соединений, представляющее в данном случае ряд последовательных реакций в результате которого образуется диоксид углерода, который выводится за пределы организма и поступает либо в атмосферу, либо растворяется в воде. Рис.

После завершения жизненного цикла - гибели (смерти) организма его ткани подвергаются биологическому разложению под воздействием редуцентов, что также приводит к поступлению диоксида углерода в атмосферу. Этот процесс приурочен к почвенным горизонтам и определяет сущность почвенного дыхания.

Другим процессом движущим углерод является образование гумуса с помощью сапрофагов и последующую минерализацию под действием грибов и бактерий. Это весьма медленный процесс, скорость которого обусловлена количеством кислорода, химическим составом почвы, ее температурой. При недостатке кислорода и высокой кислотности происходит накопление углерода в торфе. Аналогичные процессы в отдаленные геологические эпохи сформировали залежи угля и нефти, что останавливало процесс круговорота углерода.

Если все процессы жизнедеятельности протекают в гидросфере аналогичная приостановка происходит в связи со связыванием его в кальците ( $\text{CaCO}_3$ ), входящим в состав коралловых, фузулиновых, ракушечных известняков, писчего мела и др. Это самая глубокая консервация углерода, освобождение которого возможно лишь при регрессии моря и дальнейшем выщелачивании карбонатных пород за счет атмосферных осадков или при биологическом выветривании под действием лишайников, корней растений и микроорганизмов.

**Круговорот фосфора.** Фосфор один из достаточно широко распространенных химических элементов, входящих в состав различных, в том числе и породообразующих минералов, формулирующих ряд горных пород. В процессе выветривания этих пород в значительных количествах фосфор поступает в биогеоценозы, а также за счет выщелачивания атмосферными осадками и в конечном итоге накапливается в гидросфере. Во всех случаях фосфор оказывается в пищевых системах, но его подготовка не является простой. Фосфор же необходим организмам для построения генов и молекул соединений, переносящих энергию внутри клеток. Рис.

В минералах фосфор содержится в форме неорганического фосфата - иона ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Фосфаты обладают растворимостью, но не образуют газообразных форм, т.е. нелетучи. Растения способны к поглощению фосфата из водного раствора для включения их в состав различных органических соединений. В растениях фосфор выступает уже в форме так называемого органического фосфата. В этой форме органический фосфат уже способен к движению по пищевым цепям и передается ко всем прочим организмам экосистем. При каждом переходе от одного трофического уровня и другому достаточное количество фосфоросодержащего соединения подвергается окислению при клеточном дыхании для получения организмом энергии. В этом случае фосфор может оказаться только в составе

мочи или ее аналогов и быть выведенным за пределы организма в окружающую среду, где собственно может начать дальнейший цикл через поглощение растениями.

Необходимо остановиться более подробно на различиях в круговоротах фосфора и углерода. Если углерод в виде диоксида углерода поступает в виде газа в атмосферу, где свободно распространяется повсеместно воздушными потоками вплоть до нового усвоения растениями. Но так как фосфор не образует аналогичной газовой формы, то свободного возврата его в экосистему нет. Жидкие же соединения фосфора поступают в водоемы, где они активно насыщают (вплоть до перенасыщения) водные экосистемы. Из водоема фосфор не может возвратиться на сушу и за исключением небольшого количества в виде помета рыбоядных птиц, который откладывается на побережье, например, залежи гуано на побережье Перу, фосфаты откладываются на дне водоемов. Возвращаются на сушу фосфоросодержащие горные породы вместе с процессами регрессии моря и при орогенезе.

Как считает Б.Небел, фосфат и аналогичные минеральные биогены находящиеся в почве циркулируют в экосистеме лишь в том случае, если содержащие их "отходы" жизнедеятельности откладываются в местах поглощения данного элемента. Это характерно для всех естественных экосистем. (Б.Небел, 1993).

**Круговорот кислорода.** Биохимический цикл является планетарным процессом, который является объединяющим элементом для атмосферы, гидросферы и литосферы. В атмосфере преобладающей формой кислорода является молекула  $O_2$ , но так как мы уже выше отмечали имеется еще  $O_3$ -озон, и  $O$  - атомарный кислород. Кислород в свободной форме является как продуктом жизнедеятельности, так и элементом поддерживающим жизнь. В.И.Вернадский (1967, с.316) писал: "Жизнь, создающая в земной коре свободный кислород, тем самым создает озон и предохраняет биосферу от губительных коротких излучений небесных светил". На рис. показан круговорот кислорода в биосфере, из которого видно, что он представляет собой сумму весьма сложных процессов, так как кислород входит в состав многих различных органических и неорганических соединений. Однако живым является обмен между атмосферой и живыми организмами. Процесс фотосинтеза продуцирует кислород, а процессы разложения его связывают. Незначительное количество кислорода образуется в процессе диссоциации молекул воды и озона в верхних слоях атмосферы под воздействием ультрафиолетовой радиации. Значительная часть кислорода расходуется на окислительные процессы в земной коре, при вулканических извержениях и т.п.

**Круговорот азота.** Движение азота представляет собой достаточно сложный и отличный от круговорота других биогенов процесс, так как включает в себя газообразную и минеральную фазу. Атмосфера содержит 78% газа азот ( $N_2$ ). При всей огромной значимости азота для жизнедеятельности живых организмов, они не могут непосредственно потреблять его из атмосферы. Растения усваивают ионы аммония ( $NH_4^+$ ) или нитрата ( $NO_3^-$ ). Для того, чтобы азот преобразовался в эти формы необходимо участие некоторых бактерий или синезеленых водорослей (цианобактерий). Процесс превращения газообразного азота ( $N_2$ ) в аммонийную форму носит название азотфиксации. Важнейшую роль среди азотфиксирующих микроорганизмов играют бактерии из рода *Rhizobium*, которые образуют симбиотические связи с бобовыми растениями. Среди последних наибольшее значение имеют клевер и люцерна. Азотфиксирующие бактерии создавая форму азота, которая усваивается растениями, за счет симбиотического взаимодействия позволяют накапливаться азоту в наземных и подземных частях растений; к примеру за год на одном гектаре клевера или люцерны накапливается от 150 до 400 кг азота. Сами азотфиксирующие микроорганизмы, среди которых есть виды синтезирующие сложные протеины, отмирая обогащают почву органическим азотом. При этом в год в почву поступает около 25 кг азота на один гектар (И.А.Шилов, 2000). (рис. )

В природе есть также микроорганизмы, которые обладают симбиотическими связями не только с бобовыми, но и с другими растениями. В водной среде и на переувлажненных почвах азотфиксацию осуществляют синезеленые водоросли (способные одновременно и к фотосинтезу). В любом из описанных случаев азот потребляется либо в виде нитратов либо в аммонийной форме.

Азот после потребления его растениями участвует в синтезе протеинов, которые сосредоточиваясь в листьях растений, затем обеспечивают азотное питание фитофагов. Мертвые организмы и отходы жизнедеятельности (экскременты) являются средой обитания и служат пищей для сапрофагов, которые как мы уже отмечали выше постепенно разлагают органические азотосодержащие

соединения до неорганических. По И.А.Шилову (2000, с.50-51), конечным звеном в этой цепи оказываются аммонифицирующие организмы, которые образуют аммиак ( $\text{NH}_3$ ), который кстати может быть вовлечен в цикл нитрификации: *Nitrosomonas* окисляют аммиак в нитриты, а *Nitrobacter* окисляют нитриты в нитраты и таким образом круговорот азота может быть продолжен. Параллельно с описанными процессами происходит постоянное возвращение азота в атмосферу за счет деятельности бактерии-денитрификатов, способных разлагать нитраты и в азот ( $\text{N}_2$ ). Эти бактерии, как правило, имеют широкое распространение в плодородных почвах там, где много азота и углерода. Эти бактерии за год с одного гектара поверхности почвы выделяют в атмосферу до 50-60 кг азота.

Кроме указанных процессов азотфиксации в природной среде возможно образование оксидов азота при электрических грозовых разрядах эти оксиды затем в виде селитры или азотной кислоты при смешивании с атмосферными осадками попадают в почву (при разрядах молний фиксируется от 4 до 10 кг азота на гектар). Имеет место и фотохимическая фиксация азота.

Возможно выключение азота из круговоротных процессов путем аккумуляции его соединений в глубоководных океанических осадках, что компенсируется правда частичным выделением азота ( $\text{N}_2$ ) при вулканических извержениях.

**Круговорот серы.** Это один из главных биогенов попадает в почвенные горизонты в результате естественного разложения отдельных горных пород, содержащих такие минералы как пирит - серный колчедан ( $\text{FeS}_2$ ), медный колчедан ( $\text{CuFeS}_2$ ) и при разложении органических веществ, преимущественно растительного происхождения. Из почвы по корневым системам сера поступает в растения, где синтезируются серосодержащие аминокислоты - цистин, цистеин, метионин. Животным для процессов жизнедеятельности сера необходима в значительных количествах и приобретает ими с пищей.(рис.)

Из органических соединений сера поступает в почву при разложении преимущественно растительных остатков микроорганизмами. Сера органического происхождения восстанавливается в сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ), минеральную серу или окисляется в сульфаты, которые вновь могут быть поглощены корнями растениями, т.е. вновь поступает в биологический круговорот.

**Круговорот воды.** В данном случае речь идет не об отдельном биогене, а соединении двух важнейших биогенов водорода (H) и кислорода (O), т.е. воды, значимость которой для жизни на Земле абсолютна. Круговорот воды представляет собой процесс непрерывного, взаимосвязанного перемещения воды в глобальных масштабах. Круговорот воды осуществляется под влиянием солнечной энергии, гравитации, жизнедеятельности организмов. В целом для планеты главным источником прихода воды служат атмосферные осадки, и расхода - испарение, которые составляют 525 тыс. км<sup>3</sup> или 1030 мм в год.

На рис. показан круговорот воды, в котором можно выделить так называемые малый и большой. При малом круговороте испарившаяся с поверхности океан возвращается вновь в него в виде атмосферных осадков. При большом круговороте, часть испарившейся с водной поверхности влаги, выпадает не только на океан, но и на сушу, где питает реки и другие водоемы, но в конечном итоге с подземным или поверхностным стоком возвращается в океан. Выше были рассмотрены аспекты водного баланса гидросферы. Необходимо отметить, что наибольшей активностью в водообмене являются речные воды (обновляются каждые 11 дней) против, например, воды полярных ледников (Обмен совершается за 8000 лет). Речная вода в естественных условиях практически всегда пресная и служит для потребления многими живыми организмами. По мнению многих ученых круговорот воды представляет собой глобальный гигантский опреснитель воды.

**Круговорот биогенных катионов.** В процессах обмена веществ живых организмов необходимо участие различных катионов. Некоторые из них содержатся в довольно значительных количествах и поэтому их относят к категории микроэлементов, - это натрий (Na), калий (K), кальций (Ca), магний (Mg). Другие содержатся в малых количествах (миллионные доли сухого вещества), но также обязательны для устойчивого функционирования живых организмов. Это микроэлементы в виде катионов железа (Fe), цинка (Zn), меди (Cu), марганца (Mn) и некоторые другие.

Основным источником биогенных катионов на суше являются почва, куда они попадают при процессах выветривания горных пород. Из почвы с помощью корневой системы растений они попадают сначала в ткани растений, затем поглощаются травоядными и т.д. Ряд животных частично способны получать биогенные катионы непосредственно из почвы - процесс солонцевания. Минерализация

эксскрементов и остатков живых организмов позволяет макро- и микроэлементам возвратиться в почву, что вновь делает их доступными для включения в повторный биогенный круговорот.

Такой довольно простой цикл нарушается выносом биогенных элементов в реки и оттуда в моря и океаны. Выщелачивание дождевыми водами приводит к деградации коллоидального абсорбирующего комплекса и к ослаблению корневых систем растений. Особенно заметно этот процесс проявляется во влажном климате; в умеренной зоне это приводит к оподзоливанию почв.

**Биогеохимические процессы у различных организмов.** Входящие в биогеохимические циклы различные биологические соединения и неорганические элементы вовлекаются в весьма разнообразные, многоступенчатые процессы: органический синтез, многократная трансформация органических веществ при метаболизме и разложении их до минеральных составляющих при редуцировании. Отдельные элементы круговоротных процессов главных биогенов рассмотренные выше составляют биологический круговорот веществ. Основные трофические уровни, которые образуют базу этого круговорота, представлены конкретными видами продуцентов, консументов, редуцентов, естественно, что они существенно различаются между собой по типу метаболизма, а это значит и по конкретной функции, выполняемой на данном трофическом уровне.

Автотрофы и гетеротрофы представляют собой главное подразделение живых организмов по пищевому признаку; автотрофы относятся к продуцентам, а гетеротрофы соответственно к консументам и редуцентам.

Автотрофы, используя энергию солнечной энергии (фотосинтезики) или химических связей (хемосинтезики), из диоксида углерода, воды и необходимых минеральных компонентов синтезируют основные классы органических веществ: углеводы, жиры (липиды), белки, нуклеиновые кислоты и т.п. Каждое из этих веществ имеет свое значение для жизнедеятельности организмов.

**Углеводы.** Принципиальная формула этих соединений углерода, водорода и кислорода -  $C_m(H_2O)_n$ . В класс углеводов входят сахара: моносахариды -  $C_6H_{12}O_6$ , дисахариды -  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , полисахариды, которые образуют весьма сложные комплексы. Из полисахаридов для растений важнейшую роль играют крахмал, для животных - гликоген, а также целлюлоза, составляющая основу растительных клеток.

Попутно отметим, что в составе клетчатки (целлюлозы) многочисленные молекулы глюкозы связаны иным образом, чем в крахмале и эти связи не разрушаются аминолитическими ферментами, которые гидролизуют крахмал. В связи с этим травоядные животные в подавляющем числе могут переваривать клетчатку только с помощью симбиотических бактерий со специфическими функциями. Для этих целей у некоторых травоядных возникли физиологические адаптации пищеварительного тракта в виде специального отдела желудка сычуга (требухи), в которой собственно и обитают симбиотические бактерии.

Основная функция углеводов в организме - обеспечение энергией различных процессов метаболизма. При окислении 1г углеводов выделяется 17,6 Дж (4,2 ккал) энергии.

**Жиры.** Эти органические соединения имеют в своем составе те же элементы, что и углеводы, но несколько в ином соотношении. Молекула нейтрального жира состоит из одной молекулы трехатомного спирта глицерина и трех молекул жирных кислот. Жиры функционально являются наиболее распространенными энергетическими резервными веществами. Получение энергии из жиров идет путем расщепления его молекулы (триглицерида) на глицерин и жирные кислоты и последующего окисления последних. Из одного грамма расщепленного жира высвобождается 38,9 кДж (9,3 ккал) энергии. Жиры в качестве энергетического резерва встречаются и в растительном и в животном мире.

**Белки.** Это вещества обладающие сложно структурированной молекулой, которые содержат значительное число атомов углерода, водорода, кислорода и азота с включением серы и фосфора, а также минеральных компонентов.

Структурной единицей белковой молекулы является аминокислота. При метаболизме молекула белка гидролизует до отдельных аминокислот. Эти аминокислоты позволяют синтезировать из них новые белковые молекулы. В процессах обмена веществ трансформация белков позволяет создать все значительное множество конкретных форм белка, которые строят весь органический мир.

По И.А.Шилову (2000) основные функции белка: структурная (белки - основные структурные элементы клеток), метаболическая (ферменты), регуляторная (гормоны), транспортная (перемещение

кислорода, гормонов, питательных веществ и др.), защитная (участие в иммунной системе). Редко, но все же белки используются как источник энергии; при полном расщеплении одного грамма белка выделяется 17,6 кДЖ (4,2 ккал) энергии.

Дальнейшее преобразование синтезированных на уровне продуцентов органических веществ совершаются уже гетеротрофными организмами, которые специализированы по использованию различного рода пищи:

- фитофаги, консументы 1-го порядка, использующие растительную пищу;
- зоофаги (хищники, паразиты), консументы 2-го порядка и выше;
- потребители мертвых организмов, которые формируют циклы деструкции органического вещества, подразделяются на: некрофагов (потребители трупов животных); копрофагов (потребители экскрементов); сапрофагов (потребители мертвых растительных остатков); детритофагов (потребители полурасложившихся органических веществ);
- редуценты “минерализаторы” остатки органического вещества.

Существуют организмы, сочетающие автотрофность с использованием в пищу готовых органических веществ, называемые миксотрофами. Это весьма немногочисленные организмы: хищные растения - росянка; совмещающие фотосинтез с паразитическим питанием - омела.

“В разных таксонах органического мира соотношение форм по их пищевой специализации может быть различным. Чрезвычайно разнообразны по этим показателям прокариоты (бактерии, архебактерии, цианобактерии). В составе этих таксонов, которым сейчас придается статус подцарств, в частности, представлены гидробионтные автотрофы - фотосинтетики. Они насчитывают относительно небольшое число видов, но представленных большой биомассой, которая обеспечивает высокий уровень первичной продукции. Показано, например, что в некоторых озерах фотосинтезирующими бактериями создается три четверти валовой продукции”. (И.А.Шилов, 2000, с.55).

**Прокариоты** иным образом осуществляют фотосинтез, нежели растения. Бактерии используют в этом процессе пигмент бактериохлорин и не выделяют кислород в окружающую среду. Фотоавтотрофные архебактерии осуществляют фотосинтез при помощи бактериородопсина, а цианобактерии помимо хлорофилла имеют еще дополнительно два других пигмента: фикоцианин и фикоэритрин. Указанные факты показывают, что природа предусмотрела для реализации синтеза первичного органического вещества несколько пигментов, которые существенно расширяют спектральный состав доступного для фотосинтеза излучения. Среди прокариот значительно распространен хемосинтез. Кроме того среди бактериальных организмов имеются азотфиксирующие формы: это единственная на нашей планете группа живых организмов, которые способны усваивать азот непосредственно из атмосферного воздуха и таким образом вовлекать молекулярный азот в биологический цикл.

Бактерии и синезеленые включают в состав органического вещества до 90% всего входящего в биогенный цикл азота; оставшиеся же 10% азота связываются грозвыми электрическими разрядами. Из сказанного следует, что важнейшей функцией прокариот в биосфере является вовлечение в круговорот элементов из косной (неживой) природы.

В то же время прокариоты имеют еще и другую важнейшую функцию прямо противоположную первой: возвращение неорганических веществ в окружающую среду путем разрушения (минерализации) органических соединений. Гетеротрофные бактерии функционируют не только в почве и в воде, но и в кишечнике очень многих животных, где они интенсивно воздействуют переводу сложных соединений углеводов, в частности, в более простые формы.

На уровне биосферы в целом прокариоты, в первую очередь, бактерии обладающие еще одной очень важной функцией - концентрационной. Исследованиями установлено, что микроорганизмы способны активно извлекать из окружающей среды определенные элементы, даже при крайне низких их концентрациях, например, в продуцентах жизнедеятельности некоторых микроорганизмов содержание железа, ванадия, марганца и ряда других в сотни раз выше, чем в окружающей их среде. Деятельностью бактерий собственно и создана естественные месторождения этих элементов.

По И.А.Шилову (2000) свойства и функции прокариот настолько разнообразны, что в принципе они способны создавать устойчиво функционирующие свойственные (т.е. только при своем участии) экосистемы. Недаром в истории жизни на Земле почти 2 млрд лет она и была представлена прокариотами. “Именно цианобактерии первыми заселили атолл Бикини после ядерного взрыва и остров

Суррей, возникший в 1963 году в результате извержения подводного вулкана южнее Исландии. Высокая устойчивость к внешним воздействиям (ряд видов прокариот выдерживают температуру выше 100°C, кислую среду с pH около 1, соленость с содержанием в растворе 20-30% галита (NaCl)) превращает эту группу в представителей живого вещества в самых экстремальных условиях” (И.А.Шилов, 2000, с.56).

**Царство Грибы.** Все грибы являются гетеротрофами и среди эукариот имеют примерно единообразный тип питания и занимают достаточно однотипное место в глобальном круговороте веществ. Грибы - паразиты или сапрофаги, хотя встречаются и хищные грибы, способные улавливать и употреблять в пищу мелких почвенных беспозвоночных животных. Основная роль которую играют грибы в биосферных процессах - разложение мертвых органических веществ. Грибами принадлежит главное место в возврате зольных элементов в биологический круговорот. Грибы достаточно активные живые организмы и могут выступать в качестве агентов биологического выветривания горных пород, разлагая составляющие их минералы, что содействует вовлечению в биологические циклы новых минеральных элементов.

Грибы обладают весьма большой склонностью к симбиотическим образованиям: мицелий ряда грибов совместно с корнями высших растений формирует микоризу. Это позволяет создавать сложные трофические отношения, в процессе которых грибы приобретают возможность разлагать ряд недоступных высшим растениям органические вещества почвы, способствуют растениям в усвоении фосфатов, соединений азота и вырабатывают вещества - “активаторы роста”. В ответ они получают в первую очередь углеводы. Симбиоз в виде микоризы наиболее взаимопроницающий, установлено, что при удалении гриба растения-хозяева замедляют рост, некоторые дают семена, которые не прорастают, что отмечено, в частности, у орхидей.

**Царство Растения.** В это царство входит подавляющее число современных фотосинтезирующих автотрофных живых организмов. Это определяет их главенствующую роль в биосфере как продуцирующих первичное органическое вещество и высвобождающих молекулярный кислород. В водной среде водоросли делят эту функцию с цианобактериями (фотосинтезирующие бактерии кислород не выделяют), то в наземных экосистемах продукция кислорода осуществляется исключительно растениями.

Выше мы уже отмечали, что кроме автотрофов среди растений встречаются гетеротрофы-паразиты и даже хищники, а есть сочетающие фотосинтез с гетеротрофным питанием, являясь таким образом микросотрофами.

**Царство Животные.** Животные также, как и грибы являются исключительно гетеротрофами. Главная функция животных представляется в обеспечении биологического разнообразия, точнее многообразия живого вещества, обеспечение миграции его в пространстве, а также регуляция потоков вещества, энергии и информации в системе круговоротов. На наш взгляд еще более важной функцией является средообразующая деятельность животных, к которой следует отнести фильтрационную функцию многих гидробионтов, весомое значение видов животных, в роли концентраторов при создании органогенных осадочных горных пород, значимая роль роющих животных в структурообразовании почв и их участие в первичных этапах разложения почвенной органики. Животные создают вторичную органическую продукцию, важную составляющую общего энерго- и массообмена в биосфере.

Вышеизложенное как считают известные специалисты-экологи приводит к следующим выводам: вся эволюция взаимоотношений жизненных форм в биосфере Земли подразделяется на два этапа. Первый примерно 3,5 млрд лет тому назад разнообразие форм, создающее круговорот веществ, строилось на прокариотном типе организации. При этом в пределах каждого из подцарств формировались и автотрофы и гетеротрофы, включая деструкторов. После появления эукариот эволюция приобрела специализирующие формы: растения-продуценты, животные-консументы, грибы и микроорганизмы-редуценты (А.В.Лапо, 1987; И.А.Шилов, 2000). (см.табл. )

Таблица  
Биосферная роль крупных таксонов живых организмов  
(по А.В.Лапо, 1987).

Надцарства (империи)	Царства	Подцарства	Автотрофы		Гетеротрофы	Миксотрофы
			Фототрофы	Хемотрофы		

Прокариоты	Дробянки	Бактерии	+	+	+	+
		Архебактерии	+	+	+	+
		Цианобактерии	+	+	-	+
	Растения	Низшие (водоросли)	+	-	-	+
		Высшие	+	-	Редко	+
Эукариоты	Грибы	Миксомицеты	-	-	+	-
		Грибы	-	-	+	-
	Животные	Простейшие	-	-	+	-
		Многоклеточные	-	-	+	-

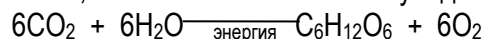
Следует сказать, что система может по своей структуре быть и иной, что встречается достаточно часто в биологической литературе, но в целом то, что показано в табл. принципиально не изменяется по роли крупных таксонов в функционировании биосферных механизмов.

Установлено таким образом, что существует вполне четко прослеживаемая линия взаимодействия между всеми трофическими уровнями и их главными представителями: вещество потребляется продуцентами, или преобразуется, потребляется консументами, или преобразуется и возвращается к возможности быть потребленным вновь продуцентами.

На основании этих наблюдений формулируется один из важнейших законов функционирования экосистем: получение ресурсов и избавление от отходов происходят в рамках круговорота всех элементов. Этот закон находится в полной гармонии с законом сохранения массы. Как мы показали атомы биогенов не появляются и не исчезают, а лишь непрерывно рекомбинируются в бесчисленное множество соединений, а это один из отличительных признаков биологических процессов и систем.

## Глава 12. Изменение вещества и энергии в организмах.

Каждая из крупных экосистем содержит продуценты, которые извлекают атомы углерода и кислорода из молекул поглощаемого из воздуха или воды (в случае водных растений диоксид углерода и атомы водорода из воды; они служат, в частности, для построения простого сахара глюкозы). Можно при этом подсчитать сколько атомов углерода, водорода, кислорода требуется для построения одной молекулы глюкозы, сколько молекул диоксида углерода и воды потребуется для этой реакции и сколько молекул кислорода выделится при этом; вполне точно это можно увидеть по уже известной реакции:



Глюкоза - это органическая молекула с высокой потенциальной энергией, в то время как потенциальная энергия у воды и диоксида углерода практически нулевая. Для того, чтобы молекула глюкозы приобрела запас потенциальной энергии, а он не может быть получен из "нулевого" запаса энергии у диоксида углерода и воды, то необходим внешний источник энергии и он нами был уже установлен - это солнечное излучение - свет, т.е. кинетическая энергия. Процесс фотосинтеза включает ее поглощение, превращение и запасаение в виде потенциальной энергии молекул глюкозы. Этот процесс возможен при наличии зеленого пигмента хлорофилла и других пигментов, обладающих аналогичными ему свойствами. С этими пигментами происходят также определенные превращения..

Содержание хлорофилла на 1 м<sup>2</sup> в разных сообществах примерно одинаково, т.е. в целых сообществах содержание зеленого пигмента распределено более равномерно, чем в отдельных растениях или их частях. Соотношение между зелеными и желтыми пигментами можно использовать как показатель отношения гетеротрофного метаболизма к автотрофному. Когда в сообществе фотосинтез превышает дыхание, доминируют зеленые пигменты, а при уменьшении дыхания сообщества увеличивается содержание желтых пигментов.

Все процессы при продуцировании первичного органического вещества находятся в полном соответствии со вторым началом термодинамики, т.к. лишь до 1-5% световой энергии превращается в энергию химических связей.

Синтезированная глюкоза выполняет в растениях две основные функции:

- это "строительный" материал; ее углерод-водородные фрагменты входят в состав всех органических молекул, образующих все ткани растения; все другие биогены растение извлекает из почвенного раствора, при их отсутствии растение не развивается;

- это источник энергии для всех процессов жизнедеятельности растения: энергия нужна для "строительства" тканей, для поглощения питательных элементов; все эти процессы протекают непрерывно и только за счет энергии запасенной при фотосинтезе глюкозы, а это значит, что лишь часть вещества тратится собственно на создание тканей растения, другая же вновь разрушается с выделением энергии для осуществления физиологических процессов; расщепление глюкозы происходит в ходе клеточного дыхания; кроме того большинство растений запасает глюкозу, как источник энергии, превращая ее в крахмал или масла.

Переходя к консументам, прежде всего следует сказать, что им как животным свойственна активная выработка кинетической энергии. Прежде всего это выражается в том, что большинство из них активно двигается, причем даже те животные, что впадают в зимнюю спячку не прекращают полностью своих двигательных функций. Источником этой энергии является потенциальная энергия органических молекул, потребляемых в составе пищи. Значительная часть потребленной пищи разрушается с высвобождением энергии, которая необходима для обеспечения жизненных функций организма и которая в конечном итоге теряется при выделении тепла телом организма.

Сам процесс расщепления органических молекул с выделением энергии носит название клеточного дыхания. Этот процесс по сути в целом противоположен фотосинтезу, иными словами вышезаписанное уравнение реакции фотосинтеза может быть записано в обратном порядке: из молекул глюкозы в присутствии кислорода образуется диоксид углерода и самое главное выделяется энергия. В данном случае следует подчеркнуть, что этот процесс осуществляется в каждой клетке организма и речь на самом деле идет именно о клеточном дыхании.

Съеденная пища переваривается, то есть измельчается и расщепляется в пищеварительной системе на отдельные молекулы. К примеру, глюкоза сама по себе может быть продуктом переваривания крахмала. Полученные при пищеварении мелкие органические молекулы насыщают кровь и переносятся ею по всем клеткам организма. Кровь кроме этого наполняется кислородом в легких или жабрах и таким образом в каждую клетку поступает необходимый "набор" для осуществления клеточного дыхания. Полученная при этом энергия расходуется каждой клеткой во всех органах на осуществление ими своих специфических функций. Диоксид углерода той же кровью удаляется из клеток и через легкие или жабры выбрасывается в окружающую среду.

Клеточное дыхание и горение по своей общей схеме практически одинаковы, но клеточное дыхание отличается от простого горения тем, что высвобождение энергии происходит весьма малыми порциями, отвечающими энергетическим потребностям и возможностям клетки. По данным Б.Небела (1993) этот процесс высвобождения энергии состоит не менее чем из 20 этапов.

Кроме углеводов в организме консументов происходит расщепление белков и жиров (животного и растительного происхождения) с высвобождением заключенной в них потенциальной энергии. Процесс расщепления молекул этих веществ аналогичен вышеописанному для глюкозы. Животные и растительные жиры особенно богаты потенциальной энергией; из всех органических молекул у них больше всего калорий на единицу веса. Продуктами разложения являются также диоксид углерода и вода. Азот, фосфор и другие элементы из состава белков, нуклеиновых кислот и липидов удаляются



организмом с мочой или ее аналогами, т.к. они не имеют газообразной фазы и не могут выделиться при дыхании через легкие или жабры, а удаляются в водном растворе.

Следует остановиться на “строительной” роли пищи. Мы уже отмечали, что часть съеденной, переваренной и поступившей в кровь пищи расходуется на рост и обновление тканей тела. В целом для этого необходимы определенные аминокислоты, в частности, для построения белков, множество особых органических молекул - витаминов и микроэлементы. В том случае если пища не в полном объеме содержит этих ингредиентов, то в не зависимости от количества запасенной энергии, питание будет неполноценным. Если же в пище излишек энергии, то возможно накопление в организме запасов жиров, а при недостатке калорий в пище организму приходится получать энергию за счет расщепления собственных тканей, не только жиров, но и белков. При сбалансированной пище от 80 до 90% ее переваривается и всасывается в кровь, расходуется в энергетических целях.

Часть же пищи, как известно, не переваривается, а просто проходит через пищеварительный тракт и выводится из него в виде фекалий или экскрементов. У травоядных они состоят в основном из целлюлозы, вещества, которое образует стенки растительных клеток. Это так называемые диетологами грубые волокна. Они частично необходимы для функционирования желудка и кишечника, но большинство консументов неспособно извлечь из целлюлозы ни энергии, ни биогенов, так как за исключением коров и некоторых других жвачных, большинство травоядных целлюлозу переварить даже частично не могут.

Принципиальных различий в питании редуцентов и консументов в целом нет. Основная часть детрита - это мертвый растительный материал, состоящий главным образом из целлюлозы, но различные виды грибов, бактерий и других микроорганизмов - редуцентов обладают уникальной способностью расщеплять целлюлозу до составляющих ее молекул глюкозы. Часть аналогичных микроорганизмов обитают в пищеварительном тракте жвачных животных, что является примером положительного мутуализма. После переваривания детрита он используется как источник биогенов и энергии. Процесс клеточного дыхания и в данном случае практически не отличается от вышеописанных для продуцентов и консументов: происходит выделение диоксида углерода, воды и неорганических соединений азота, фосфора и т.п., а при превращениях энергии происходит выделение тепла и иногда весьма значительное, поэтому в морозные дни от кучи гниющего навоза поднимается пар.

Отдельным видам грибов (дрожжам) и бактериям свойственна специфическая форма клеточного дыхания. Они могут в отсутствие кислорода получать достаточное для жизнедеятельности количество энергии путем частичного расщепления органических молекул. При данном частично осуществляемом процессе в качестве конечного продукта образуются такие вещества, как этиловый спирт ( $C_2H_6O_{12}$ ), газ метан ( $CH_4$ ), уксусная кислота и др. Этот процесс называется брожением.

### **Глава 13. Энергетическое обеспечение биологического круговорота**

Физическими исследованиями установлено главное различие между веществом и энергией заключающееся в том, что вещество занимает пространство и имеет массу, т.е. проще говоря, может быть взвешено в условиях тяготения. Вещество как известно, может быть в твердом, жидком, газообразном и плазменном состоянии, но в любом случае мельчайшие единицы вещества - это элементарные частицы (протоны, нейтроны, электроны и т.д.) из которых, в свою очередь, состоят атомы.

Для всех известны самые распространенные формы энергии - свет, тепло, движение и электричество. Они занимают определенные пространства и не обладают массой. Энергия - это способность совершать работу. Различают две категории энергии: кинетическую и потенциальную. Кинетическая - это световая, тепловая, электрическая энергия и энергия механического движения - обусловлена непосредственным действием или движением. Потенциальная энергия как бы запасается системой, иными словами, если есть такая энергия, то можно реализовать ее потенциал (запас) в каких-то видах кинетической энергии. Для нас очень важной является потенциальная энергия запасенная в веществе (топливе, пище и т.п.), относимая к так называемой химической потенциальной энергии.

В бесчисленных физических экспериментах посвященных измерению количества энергии при переходах из одной формы в другую был получен один и тот же результат - количество энергии неизменно. Это представляет собой известный физический постулат - первое начало термодинамики: энергия не возникает и не исчезает, она лишь переходит из одной формы в другую. В данном случае, также следует сделать важное замечание: ядерные реакции, при которых возможно превращение массы в

энергию не являются присущими биологическим системам, да и в обычных условиях химическим и физическим. Иными словами ни одна биологическая система не может быть ни при каких (известных нам ?!) условиях “ядерным реактором”.

Дальнейшие физические, химические и биологические эксперименты показали, что существует еще один важный закон природы - второе начало термодинамики: при любых превращениях энергии часть ее теряется в виде тепла. Известно, что такие потери зачастую превышают 50%, а во многих энергетических превращениях коэффициент полезного действия составляет от 1 до 10%, это есть от 90 до 99% исходной энергии при превращениях теряются в виде тепла. Большинство технических систем имеет аналогичные характеристики: ТЭС на угле имеет к.п.д. 30-40%, а паровозы - до 10%. Это показывает, что для устойчивого функционирования любой системы и биологической в том числе требуется приток энергии извне. Законы термодинамики не препятствуют запасанию потенциальной энергии в отдельных компонентах системы и при оценке энергетических возможностей системы необходимо всегда помнить, что количество запасенной потенциальной энергии в системе (или ее компонентах) всегда больше использованной (выделившейся) кинетической энергии.

Свойство живых систем извлекать упорядоченность из окружающей среды дало основание которым ученым, в частности, Э.Бауэру, сделать вывод, что для этих систем второе начало термодинамики выполняется не полностью, но это так, если не использовать общую его формулировку для открытых систем, а значений и живых. В соответствии со вторым началом термодинамики поддержание жизни на Земле без притока солнечной энергии невозможно “Все, что происходит в природе, означает увеличение энтропии в той части Вселенной, где это имеет место. Так и живой организм непрерывно увеличивает свою энтропию, или, иначе, производит положительную энтропию и, таким образом, приближается к опасному состоянию - максимальной энтропии, - представляющему собой смерть. Он может избежать этого состояния, т.е. оставаться живым, только постоянно извлекая из окружающей среды отрицательную энтропию”(Э.Шредингер, 1972, с.76).

Все преобразования вещества в процессе биологического круговорота требуют энергетических затрат. Ни один живой организм не способен к продуцированию энергии - она может быть получена исключительно извне. В современной биосфере главнейший источник энергии, который утилизируется в биогенном круговороте, - это энергия солнечного излучения.

Поток солнечного излучения - энергии в экосистемах полностью соответствует началам термодинамики. Принципиально можно говорить о системах превращения энергии из одной формы в другую, а именно - энергии солнечного излучения в химическую энергию, запасаемую фотосинтезирующими растениями, а ее - в другие формы по мере прохождения пищевых цепей. В трофической сети, на каждом ее уровне происходит высвобождение потенциальной энергии для функционирования систем организма и одновременно происходит потеря тепла. Через экосистемы движется поток энергии и осуществляются ее превращения.

На Землю поступает весьма мощный поток солнечной энергии, который поддерживает жизнь и возвращается в космическое пространство в виде теплового излучения. Большая часть поступающей солнечной энергии превращается непосредственно в тепло: происходит нагревание почвы, воды, а от них атмосферного воздуха. Приобретенное этими составляющими геосфер тепло в существенной мере определяет климат, погоду, движение воздушных и водных масс, в конце концов обогревает все живущее на нашей планете. Постепенно тепло отдается в космическое пространство, где и теряется. В огромном природном потоке энергии для экосистем всех размеров есть вполне определенное место. Как установлено в экосистемах используется весьма малая часть потока энергии. Можно сформулировать на основании изучения преобразований биологических систем следующий принцип функционирования экосистем: “они существуют за счет не загрязняющей среду (чистой) и практически вечно солнечной энергии, количество которой относительно постоянно и избыточно”. Вслед за Б.Небелом (1993, с.78-79) рассмотрим более детально каждую из характеристик солнечной энергии.

*Избыток.* Вся огромная масса растений использует всего 0,5% поступающей на Землю солнечной энергии. В любом случае поступающего солнечного излучения заведомо достаточно для удовлетворения любых невысказанных, даже самых фантастических потребностей человечества как части биосферы. В связи с тем, что большая часть поступающей на Землю солнечной энергии при любом

использовании в конечном итоге в тепло, то увеличение использования солнечной энергии не может сколько-нибудь ощутимо повлиять на динамику биосферных процессов.

*Чистота.* Источником солнечной энергии являются ядерные реакции, идущие в недрах этой звезды и которые, естественно, имеют значительное радиоактивное загрязнение. Однако по пути к Земле, а он составляет 150 млн км, все это загрязнение постепенно исчезает. Это определяет солнечную энергию как “чистую”, что кстати резко отличает ее от энергии, которая производится на тепловых и атомных электростанциях.

*Постоянство.* Солнечная энергия всегда будет доступна в безграничном (одинаковом) количестве и по неизменной цене, т.е. “бесплатно”. На поступление энергии от Солнца не могут повлиять никакие политические или экономические действия человечества. Для активного использования рассеянной солнечной энергии в технических системах требуются определенные усилия со стороны человечества, но это вполне достижимо.

*Вечность.* По некоторым предположениям астрономов Солнце, как и другие звезды аналогичного типа, через несколько миллиардов лет погаснет, но это не имеет абсолютно никакого практического значения для нашего, да и всех последующих поколений человечества, и биосферы Земли в целом. По самым древним артефактам существования человека на Земле, возраст его составляет примерно 3 млн лет, а это всего лишь 0,3% от миллиарда и таким образом, если предположить, что Солнце погаснет через 1 млрд лет и жизнь на Земле станет невозможной, у человечества есть еще в запасе 99,7% этого срока, причем каждые сто лет он будет уменьшаться всего на 0,00001%.

Первым этапом использования и преобразования энергии в целях круговорота - фотосинтез, в процессе которого создаются вещества для построения тканей растительных организмов. Энергия полученная продуцентами в виде солнечного излучения в процессе фотосинтеза превращается в энергию химических связей. Аккумуляция энергии в организме фотосинтетиков связана с увеличением массы организмов. Эту биомассу растительных тканей, которую создают продуценты называют первичной продукцией.

Выше мы уже установили, что ни одна система не работает со стопроцентным коэффициентом полезного действия, а это значит, что не вся полученная продуцентами, часть ее рассеивается в виде тепла. В свою очередь, часть энергии, собранной в первичной биомассе расходуется на процессы жизнедеятельности; это влечет за собой уменьшение биомассы. Эти потери называют потерями на дыхание. Таким образом в чистой первичной продукции (накопленной биомассе) аккумулируется лишь относительно небольшая часть полученной продуцентом солнечной энергии.

По И.А.Шилову (2000 г.) эффективность фотосинтеза составляет всего 0,1% солнечной энергии падающей на Землю.

Накопленная в результате фотосинтеза биомасса растений (первичная продукция) - это резерв, из которого часть используется в качестве пищи организмами - гетеротрофами (консументами первого порядка). По некоторым приблизительным расчетам, травоядные изымают в пищу около 40% фитомассы; оставшиеся 60% означают реальную массу растительности в экосистеме.

Аналогичная последовательность в использовании энергии гетеротрофами сохраняется и в дальнейшем. Полученная с пищей энергия, иначе называемая большой энергией, соответствует энергетической “стоимости” общего количества съеденной пищи. Но как установлено, эффективность усвоения пищи никогда не достигает 100% и в целом зависит от множества, даже иногда и небиологических факторов (у мелких грызунов перевариваемость специально подготовленных кормов максимально может достигать 94%, а у некоторых питающихся водорослями рыб всего - 30% энергии, из которых лишь 6% способствует росту организма, а остальная энергия расходуется на поддерживающий обмен).

Усвоенная энергия, за вычетом энергии, которая выбрасывается из организма с мочой, фекалиями и другим выделениями, составляет метаболизированную энергию. Из нее выделяется часть в виде тепла при переваривании пищи и либо рассеивается, либо расходуется на терморегуляцию. Оставшаяся энергия в виде энергии существования, немедленно расходует на различные формы жизнедеятельности (это по сути тоже “расход на дыхание”) в виде массы нарастающих тканей, энергетических резервов, половых продуктов. Энергия существования складывается из затрат на фундаментальные жизненные процессы - основной обмен, или базальный метаболизм, - энергии,

расходуемой на различные формы деятельности. У некоторых живых организмов есть еще расходы на терморегуляцию. Но в любом случае все эти энергозатраты заканчиваются рассеиванием энергии в виде тепла, что отвечает вышеуказанным закономерностям. Энергия, накопленная в тканях тела гетеротрофного организма, составляет вторичную продукцию экосистемы, которая может быть использована консументами высшего порядка. Если рассматривать превращения энергии на всех гетеротрофных этапах круговорота, т.е. в организмах, последовательно использующих в пищу биомассу предыдущих уровней, то распределение энергии для использования на различные цели обеспечения жизненных процессов и потери на тепло окажется вышеописанным. В результате же количество энергии, доступной для потребления, прогрессивно падает по ходу повышения трофических уровней, что принципиально объясняет причину относительно небольшой длины пищевых цепей.

В целях разложения постепенная деструкция органических веществ связана с высвобождением энергии, которая частично рассеивается, а частью аккумулируется в составе тканей организмов - редуцентов. После гибели их тела также попадают в цикл редукации.

“Таким образом, на фоне биологического круговорота веществ потоки энергии однонаправлены: первично аккумулированная, в тканях продуцентов энергия постепенно рассеивается в виде тепла на всех этапах идет и синтез вещества, и вместе с тем на аккумуляцию энергии в химических связях. Живые организмы в определенной степени препятствуют немедленному рассеиванию энергии, замедляют этот процесс, действуя реализации второго начала термодинамики” (И.А.Шилов, 2000, с.61).

#### **Энергия и биомасса на различных пищевых уровнях.**

Любая популяция живых организмов может рассматриваться как биомасса (общая масса живых организмов), которая ежегодно увеличивается за счет роста и размножения организмов и одновременно сокращается за счет их естественной гибели или потребления консументами более высоких трофических уровней. В стабильных экосистемах фитофаги обычно не съедают больше того, что производят продуценты; если же это вокруг произойдет, то популяция продуцентов просто исчезнет. Далее, существенная доля потребляемой консументами биомассы не усваивается ими и возвращается в экосистему в виде отходов (экскрементов). Если при этом учесть, что значительная часть переваренной пищи расходуется на выработку энергии, то становится вполне объяснимым, почему общая биомасса продуцентов значительно (во много раз) превышает биомассу травоядных. Аналогичная картина отмечается и при переходе на более высокие трофические уровни (рис. ). На основе этих данных формируется следующий принцип функционирования экосистем: “чем больше биомасса популяции, тем ниже должен быть занимаемый ею трофический уровень”. Представляется полезным процитировать поэтому по поводу Б.Небела (1993, с.80): “Интересно, что писатели-фантасты часто игнорируют этот принцип, живописуя громадных хищных чудовищ, живущих в голых пустынях. Кроме того, в их произведениях встречаются замкнутые и якобы самоподдерживающиеся пищевые цепи, не включающие продуцентов. Исходя из второго начала термодинамики, это попросту невозможно. Даже если искусственно создать такую систему, слагающие ее организмы быстро вымрут от голода”. На рис. показаны все вышеописанные принципы функционирования экосистем.

#### **Глава 14. Естественное равновесие и эволюция экосистем.**

Рассмотрение понятий о равновесии и неравновесии систем с синергетических позиций позволило выявить основные отличия между этими двумя возможными состояниями систем (по А.А.Горелову, 1998):

- система способна к реакциям на внешние условия;
- поведение системы обусловлено ее предысторией, но зависит от начальных условий и является случайным;
- приток энергии создает упорядоченность в системе, что влечет за собой уменьшение ее энтропии;
- система ведет себя как единое целое и как если бы она была вместилищем дальнедействующих сил (это отвечает некоторым физическим гипотезам); несмотря на то, что силы молекулярного взаимодействия представляют собой короткодействующие (т.е. на расстоянии до  $10^{-8}$  см), система структурируется так, как если бы каждая молекула была “информирована” о состоянии системы в целом.

В целом можно выделить области равновесности и неравновесности для систем, при которых существенно различается поведение системы (табл. ).

Любая система при отсутствии какого-либо воздействия, т.е. будучи предоставленной самой себе и при отсутствии поступления энергии (а по последним исследованиям и информации) извне, стремится к приобретению состояния равновесия - наиболее вероятному состоянию, достигнутому при энтропии равной нулю. Примером такой равновесной структуры - кристалл минерала ("выросшего" в идеальных условиях). К данному равновесному состоянию в соответствии со вторым началом термодинамики стремятся и приходят все закрытые системы, т.е. системы, не получающие энергии и информации извне. Системы обратного типа называют открытыми.

Изучение неравновесных состояний для различных систем позволяет выявить общие закономерности эволюции от хаоса к упорядоченности.

Таблица

Характеристика состояния систем

Неравновесная область	Равновесная область
1. Система "адаптируется" к внешним условиям, изменяя свою структуру	1. Для перехода от одной структуры к другой требуются сильные возмущения или изменение граничных условий
2. Множественность стационарных состояний	2. Одно стационарное состояние
3. Чувствительность к флуктуациям (наибольшие влияния приводят к большим последствиям, внутренние флуктуации становятся большими)	3. Нечувствительность к флуктуациям
4. Все части системы действуют согласованно	4. Молекулы, например, ведут себя независимо друг от друга
5. Фундаментальная неопределенность	5. Поведение системы определяют линейные зависимости.

*Особенности эволюции.* Еще в Древней Греции было известно различие между "хаосом" и "космосом". Современные достижения в синергетике позволяют назвать хаотическими все системы, которые приводят к несводимому представлению, если их оценивать в терминах теории вероятности. Иными словами, эти системы нельзя описать однозначно детерминистично (определенно), т.е. точно предсказать, что будет с системой в будущем, зная состояние системы в настоящем.

Хаотическое поведение непредсказуемо в принципе. Необратимость, вероятность и случайность становятся объективными свойствами хаотических систем на макроуровне, а не только, как было установлено в квантовой механике, на микроуровне.

С синергетической точки зрения эволюция должна удовлетворять следующему:

- необратимость, выражающаяся в нарушении симметрии между прошлым и будущим;
- необходимость введения понятия "событие";
- некоторые события должны обладать способностью изменять ход эволюции.

Известно, что любое развитие, эволюция создает возможность формирования новых структур, для которого необходимо выполнение следующих условий:

- открытость системы;
- нахождение системы на "удалении" от равновесия;
- наличие флуктуации (случайного отклонения).

Чем сложнее система, тем более многочисленны флуктуации и их типы. Однако в сложных системах существуют связи между различными ее частями. От соотношения устойчивости, которая обеспечивается взаимосвязью частей, и неустойчивости из-за флуктуаций, зависит порог устойчивости системы. При переходе через этот порог система попадает в критическое состояние, называемое точкой бифуркации. В ней система становится неустойчивой относительно флуктуаций и может перейти к новой области устойчивости. При этом система как бы стоит перед выбором какого-то из нескольких путей

эволюции. Наибольшая флуктуация может послужить в этот момент началом эволюции в совершенно новом направлении, который резко изменит поведение системы, что собственно и есть событие.

В точке бифуркации случайность толкает систему на новый путь развития, а после того, как один из возможных вариантов выбран, вновь вступает в силу определенность (детерминизм) вплоть до следующей точки бифуркации. В развитии, в судьбе системы случайность и необходимость являются взаимно дополняющими условиями.

Большинство известных (и изученных) систем представляют собой открытые - они обмениваются энергией, веществом и информацией с окружающей средой. Как показали исследования, главенствующую роль в природе играют не порядок, стабильность и равновесие, а неустойчивость и неравновесность, т.е. все системы флуктуируют. В некоторой особой точке бифуркации флуктуация становится настолько мощной, что система разрушается и в данный момент принципиально невозможно установить, что произойдет с системой: станет ли система по своему состоянию хаотической или она перейдет на новый более дифференцированный и более высокий уровень упорядоченности, который называют диссипативной (рассеянной) структурой. Новые структуры называются диссипативными, потому что для их поддержания требуется больше энергии, чем для поддержания более простых структур, на смену которым они приходят.

Классические исследования в термодинамике XIX века, главным образом, были направлены на изучение механического действия теплоты и при этом рассматривались закрытые системы, стремящиеся к состоянию равновесия. В настоящее время синергетика (от «синергия» - совместные действия) или термодинамика изучает открытые системы, как правило, далекие от равновесного состояния. Полученные результаты исследований позволяют выявить побудительные причины эволюции в природе; везде, где происходит образование новых структур необходим метаболизм - обмен со средой и приток энергии. Можно в целом заключить, что современные данные термодинамического, синергетического изучения систем определяют процесс «творчества» природы.

*Принцип равновесия* является одной из наиболее важных зависимостей в живой природе. Равновесие существует между видами и смещение его в какую-либо сторону вызывает значительные изменения в экосистемах, к примеру, увеличение количества хищников может привести к исчезновению жертв, а уничтожение хищников вызывает число жертв, но в данном случае жертвам может не хватить пищи. Естественное равновесие существует и между живыми организмами и окружающей его неживой средой. Великое множество «малых» равновесий поддерживает общее равновесие в природе.

Равновесие в живой природе в отличие от неживой не является статичным, а динамичным, иными словами представляет собой движение вокруг некой точки устойчивости. Если сама точка не изменяется, то такое состояние носит название гомеостаза (гомео - тот же, стазис - состояние). Гомеостаз - механизм, посредством которого живой организм, противодействуя внешним воздействиям, поддерживает параметры своей внутренней Среды на таком постоянном уровне, который обеспечивает его нормальную жизнедеятельность. В качестве примера можно привести всем нам известное: величину кровяного давления, частоты пульса, температуры тела - то, что определяет нормальное состояние здоровья. Это состояние регулируется гомеостатическими механизмами, которые функционируют настолько «отлажено», но мы их практически не замечаем, если же функционирование механизма нарушено, то возникает не только дискомфорт в здоровье организма, но при серьезных нарушениях возникает опасность его гибели.

Природная экосистема (биогеоценоз) устойчиво функционирует при постоянном взаимодействии ее элементов, круговороте веществ, передаче химической, энергетической, генетической и другой энергии и информации по цепям-каналам. Согласно принципу равновесия любая естественная система с проходящим через нее потоком энергии и информации именно тенденцию к развитию в сторону устойчивого состояния. При этом устойчивость экосистем обеспечивается автоматически за счет механизма обратной связи. Обратная связь заключается в использовании получаемых данных от управляемых компонентов экосистем для внесения корректив управляющими компонентами в процесс. Рассмотренные выше взаимоотношения «хищник» - «жертва» в данном контексте можно представить несколько подробнее; так, например, в водной экосистеме хищные рыбы (щука в пруду) поедают другие виды рыб-жертвы (карась); если численность карася будет увеличиваться - это пример положительной обратной связи; но, щука, питаясь карасем, снижает его численность - это пример отрицательной

обратной связи; при росте числа хищников снижается число жертв, и хищник, испытывая недостаток пищи, также снижает рост своей популяции; в конце концов в рассматриваемом пруду устанавливается динамическое равновесие в численности и щуки, и карася. Постоянно поддерживается равновесие, которое исключало бы исчезновение любого звена трофической цепи (рис. ).

Новые системы обычно подвержены резким колебаниям и менее способны противостоять внешним возмущениям по сравнению со “зрелыми”, компоненты которых успели приспособиться друг к другу. Подлинно надежный гомеостатический контроль устанавливается только после периода эволюционного приспособления. Почти всегда, например, существует временная отсрочка в реакциях популяции, которая представляет собой время, необходимое для того, чтобы в неблагоприятных условиях, связанных с перенаселением, начали изменяться рождаемость и смертность в популяции.

Состояние естественного равновесия означает, что экосистема является стабильной, и ее отдельные параметры остаются неизменными, несмотря на воздействия, которые система испытывает. Очень важным свойством системы является ее проницаемость - в нее постоянно что-то поступает и постоянно что-то из нее исходит, иными словами, - это такое устойчивое состояние экосистемы, при котором поступление вещества, энергии и информации равно их выходу.

В качестве примера действия гомеостатических механизмов имеет смысл рассмотреть динамику популяций. По И.А.Шилову (2000 г.) устойчивость популяции, ее относительная самостоятельность, индивидуальные особенности зависят от того, насколько структура и внутренние свойства популяций сохраняют свои приспособительные возможности на фоне изменчивых условий существования. Гомеостаз популяции определяет главное условие - целостность популяции как биологической системы.

Во всех аспектах проявления популяционных функций поддержания их устойчивости имеет абсолютно первостепенное значение; от этого собственно зависят условия функционирования и динамика вышестоящих уровней организации: обеспечение популяционного гомеостаза лежит в основе устойчивого функционирования всего ряда взаимосвязанных систем повышающейся интегрированности (рис. ). При всем многообразии механизмов гомеостаза популяции можно выделить следующие их группы (И.А.Шиллов, 2000 г.):

- поддержание адаптивного характера пространственной структуры;
- поддержание генетической структуры;
- регуляция плотности населяющих особей.

Следует сказать, что функции управления гомеостазом популяций изучены к настоящему времени далеко недостаточно, наибольшие результаты получены пока только для животных. Серьезные трудности в изучении этих функций вызывает наличие у высших животных того, что помимо физиологических процессов в реализации гомеостатических функций включаются и весьма сложные формы высшей нервной деятельности. Еще более сложными оказываются проблемы изучения гомеостатических функций человеческой популяции, где существуют также недостаточно изученные проявления социума в воздействиях и реакциях...

Отличительные особенности популяционных систем для высших позвоночных животных (как наиболее изученный пример) заключается в том, что составляющие их элементы-особи (организмы) - способны к автономному существованию и не образуют в составе популяции специализированных функциональных систем, наподобие тех, что имеются внутри организма. Важнейшим является то, что все формы взаимодействия популяции со средой и осуществления общепопуляционных функций проявляются опосредованно через физиологические реакции отдельных особей (организмов). Это возможно лишь при определенных формах интеграции деятельности особей, при которых физиологические процессы в отдельных организмах осуществляются в направлении, адаптивном на уровне популяции в целом. Это и есть основа весьма сложных и окончательно еще невыясненных форм внутривидовых отношений, определяющих общий тип и конкретный характер пространственной структуры, уровень и динамику плотности, численности популяции, генетическую структуру и другие свойства популяции и приводящий популяцию в соответствие с условиями среды обитания.

Реализация гомеостатических функций популяции базируется на согласованных действиях составляющих ее особей. Эта согласованность обеспечивается непрерывным потоком информации о состоянии внешней среды и самой популяции. Любой и каждый представитель популяции (особь) одновременно является и источником, и реципиентом (“приемником”) информации. Эта информация

позволяет особи регистрировать изменения в факторах среды, а главное инициирует приспособительные реакции от составляющих популяцию особей. Важным моментом является то, что адаптивные ответы на уровне особи интегрируются и выражаются в адаптациях уже на уровне популяции.

Сам по себе процесс формирования адаптивной реакции на популяционном уровне чрезвычайно сложен и определяется, прежде всего, разнокачественностью особей по основным экологофизиологическим свойствам. Это "неодинаковость" каждой из особей популяции и их группировок служит источником неодинаковой информации, так как отдельная особь или даже их группа по-разному реагирует даже на одни и те же факторы среды и поэтому общий "ответ" популяции никогда не является простой суммой ответов отдельных особей. Морфологическая структура популяции (ее "пространственность") обеспечивает оптимизацию процесса адаптивных реакций, но не является непосредственным их "носителем"; физиология и поведение изменяются на уровне отдельных организмов как ответ на полученную информацию. Вследствие этого в отличие от организма - морфологически структурированной системы - популяция может рассматриваться как система информационно-структурированная.

Итак, популяция стабильна, если сохраняет, прежде всего, свою пространственную структуру. Стремление к восстановлению параметров популяции, способствующей состоянию равновесия, как раз и осуществляется за счет вышеописанных механизмов авторегуляции, которая в конечном итоге есть функция следующего уровня организации - экосистемы, частью которой популяция собственно и является.

Выявлено два главных механизма стабилизации плотности популяции при ее величинах, лежащих ниже уровня насыщения: 1) территориальное поведение в виде внутривидовой конкуренции и 2) групповое поведение, выражающееся, например, в "половом доминировании", "порядке клевания" и т.п. В определенной мере эти механизмы проявляются и в человеческом сообществе.

Регулирование популяции может быть физическим и биологическим. Флуктуации численности происходят под влиянием внешних климатических, эдафогенных и т.п. и внутренних факторов. Факторы, влияние которых находится в прямой зависимости от плотности популяции, предотвращают перенаселение и способствуют установлению устойчивого равновесия. Главным образом - это биотические (конкуренция, паразитизм, патогенное влияние и т.д.), а не климатические, к примеру, факторы.

Ряд специалистов объясняют колебания численности популяции, что в условиях перенаселенности возникает стресс, который влияет на репродуктивный потенциал, устойчивость к заболеваниям и другим воздействиям.

Рассмотрено влияние стресса (напряженно), которому было посвящено много работ и, в частности, Г.Селье (1936). В качестве стресса он понимал неспецифическую реакцию (синдром) живого организма на любое сильное воздействие. Это всегда необычная нагрузка, которая не обязательно должна быть опасной для жизни, но которая непременно вызывает в живом организме "реакцию тревоги". Г.Селье выделил особые факторы - стрессоры, вызывающие ответную реакцию со стороны организма и приводящее его в напряженное, неуравновешенное состояние. Эти факторы имеют самое различное происхождение и физическое, и биолого-физиологическое, например, шум, вибрация, резкое изменение температуры, давления, радиоактивное излучение, токсины, голод, запах и ряд других.

При любом воздействии стрессоров в особи возникают однотипные биохимические изменения, направленные на преодоление действия этих факторов путем адаптации. Это позволяет формировать адаптационные изменения и на уровне популяции. В качестве примера рассмотрим реакцию растений на температурные воздействия. Возможно возникновение высокотемпературного стресса; при этом засухоустойчивые растения способны переносить длительное обезвоживание и перегрев, причем основным аппаратом охлаждения у растений остается транспирация. Многие суккуленты обладают способностью накапливать ночью органические кислоты (главным образом, яблочную), а днем с целью уменьшения испарения устьица закрываются, и эта кислота становится главным источником углерода, из которого синтезируется сахара (Жунчиету и др., 1991). Несколько иначе выглядит ситуация с возникновением низкотемпературного стресса, при отрицательных температурах образование льда в тканях растений ведет к их гибели, причем наиболее устойчивы к морозу менее обводненные организмы; установлено, что в клеточном соке холодостойких растений северных районов содержатся растворимые сахара (глюкоза, сахароза, фруктоза), которые увеличивают концентрацию клеточного сока и уменьшают



его способность к образованию внутриклеточного льда.. Так, по данным В.А.Вронского (1996), количество сахара у сортов яблони в Карелии составляет 13-15%, малины - 6,5-8% (против 5% в средней полосе), в черной смородине - до 11% и т.д. Это показывает, что наличие соединений в виде сахаров способствует адаптациям растений к неблагоприятным условиям Севера и таким образом пережить неблагоприятные периоды со стрессовыми воздействиями.

Комплекс стрессовых воздействий иногда вызывает стремительное падение плотности популяции, что называют "адаптационным синдромом", который препятствует излишне сильным флуктуациям, что в свою очередь могло бы нарушить функционирование популяции и экосистемы в целом и угрожать выживанию вида.

Наряду с вышеописанным у ряда экологов есть мнение, что изменения численности популяций истощением ресурсов и уменьшением количества пищи и (или) ее питательной ценности.

Проведенное изучение динамики численности и плотности популяций выявило так называемые "всплески" плотности с уменьшающейся во времени амплитудой.

Последующее рассмотрение этих данных применительно к человеческому сообществу привело к выводу, что они должны выполняться и в данном случае, если регуляция численности всей популяции или ее отдельных групп осуществляется только вследствие "самоперенаселения" (т.е. если отсутствует "внешнее" регулирование, например, планирование семьи, повышение уровня образования женщин и молодежи и т.п.). Как отмечает А.А.Горелов (1998), это особенно опасно, так как для человеческой популяции, единственной среди других известных, установлена положительная корреляция между плотностью (численностью) популяции и скоростью роста. Это особенно опасно, так как общее население людей на Земле растет, и уже превысило 6 млрд-ный рубеж, а человек по своему обыкновению мало задумывается о будущем, а действует в данный момент по данной ситуации...

Продолжая это рассмотрение, следует остановиться и на такой известной зависимости: флуктуации плотности (численности) популяции ярче выражены в сравнительно простых экосистемах, где число взаимодействующих популяций и их разнообразие также относительно мало. При уменьшении под различными внешними воздействиями видового разнообразия, а тем самым числа популяций в экосистеме возникает опасность проявления все более и более интенсивных флуктуаций в составляющих популяциях, вплоть до их исчезновения и этот процесс, как полагают отдельные экологи, может превратиться в необратимый. В связи с этим Ю.Одум высказывает следующее мнение: "Чем выше уровень организации и зрелости сообщества и чем стабильнее условия, тем меньше амплитуда флуктуаций плотности со временем" (Ю.Одум, 1975, с.244).

Кривые роста популяций показывают, что их рост может внезапно прекратиться, когда популяция близка к исчерпанию собственных ресурсов (пища, жизненное пространство), когда резко меняются климатические, эдафогенные условия и т.д. Затем, когда внешний предел оказывается достигнутым, плотность популяции может либо некоторое время оставаться на данном уровне, либо сразу же резко падает. Причем по мере увеличения плотности популяции значительно усиливается действие неблагоприятных факторов среды, это проявление так называемого сопротивления среды. Рассмотренное явление получило наименование триггерного эффекта. Аналогичный результат был получен для характеристик, описывающих развитие мирового сообщества в результате исследований Д.Медоуза (1991).

Популяции в целом имеют тенденцию эволюционизировать таким образом, чтобы прийти к способности или уровню саморегуляции. При этом естественный отбор действует в направлении максимального повышения качества Среды обитания особи и уменьшает вероятность гибели популяции.

#### **Динамика экосистем.**

Функциональная целостность экосистем является их отличительной чертой и определяется сложными и межвидовыми взаимоотношениями. Эти взаимоотношения обладают некоторыми относительными "свободами" в структурных связях между отдельными компонентами, в частности. это выражается в возможности замены видов в конкретных биоценозах сходными по жизненным функциям другими видами. В зависимости от динамики численности и биологической активности отдельных популяций возможны изменения направленности и интенсивности потоков вещества и энергии, информации. Выше мы уже отмечали, что нестабильность абиотических факторов экосистемы существенным образом влияет, а зачастую и определяет колебательный характер состава и

функциональных связей внутри сообществ организмов. Из этого следует, что биоценозы, являющиеся открытыми системами, непрерывно изменяются под действием внутренних и внешних факторов. Функционирование биоценозов носит вероятностный характер.

Фундаментальное свойство экосистем - это ее динамичность, которая отражает ее зависимость от комплекса факторов и представляет собой адаптивную реакцию всей системы на воздействие этих факторов.

Динамические характеристики экосистемы имеют различную продолжительность: изменения в биоценозах могут иметь суточные и сезонные колебания (ритмы); могут длиться на протяжении ряда лет и даже в пределах времени геологических эпох, выражая тем самым эволюционные процессы в биосфере, как глобальной экосистемы.

#### ***Суточные и сезонные ритмы в экосистемах.***

Известно, что облик биоценозов весьма изменчив и отражает комплекс приспособлений экосистемы в целом к суточной и сезонной динамике условий существования. Биоценозы имеют в этом аспекте изменчивость облика, связанную с динамикой активности, с сезонными ритмами в жизни растений и животных, сменами видового состава на протяжении годового цикла. Характерной чертой такого типа динамики является сохранение принципиальных свойств данной экосистемы, поддержание ее целостности и функциональной устойчивости. Даже сезонные изменения видового состава входят в общую характеристику каждой данной экосистемы, поскольку закономерно повторяются из года в год.

*Суточные изменения биоценозов.* В масштабах суток не происходит принципиальных изменений видового состава и основных форм взаимоотношений в биоценозе, если эти изменения носят ритмичный закономерный характер. По И.А.Шилову (2000), в данном случае имеет смысл говорить не о суточной динамике, а о суточных аспектах биоценоза. В данном масштабе времени изменения определяются характером активности тех видов, которые отличаются отчетливой суточной ритмикой жизнедеятельности. К примеру, среди рыб имеются формы с дневной и ночной активностью; известны суточные вертикальные миграции планктона и вслед за ними, планктоноядных животных; достаточно широко распространены птицы с дневной и ярко выраженной ночной активностью, которые следуют за насекомыми с аналогичной суточной ритмикой и т.п. Выявлены и некоторые экзогенные влияния на суточные ритмы, к примеру, днем в жарких пустынях снижается активность (или полностью замирает) даже тех видов, которые принципиально относятся к дневным, а некоторые из них даже меняют свой вид активности на сумеречный или даже ночной.

Суточные аспекты биоценозов отражают особенности существования в экологических нишах, в целом проявляют структурированность биоценозов по "пищевому" признаку. В частности, разделение видов, присущих одному биоценозу, по "временной" активности значительно снижает уровень прямой конкуренции и позволяет сосуществовать видам со сходными биологическими "запросами". В целом расхождение в суточной активности приводит к усложнению биоценозов, повышению биологического разнообразия и более полному использованию ресурсов среды.

*Сезонные изменения (аспекты) биоценозов.* Эти изменения затрагивают биоценозы гораздо глубже, нежели суточные. В первую очередь это касается видового состава биоценозов. Известно, что при наступлении неблагоприятных сезонов года, часть видов, для которых это имеет значение, мигрирует в районы, где условия более удовлетворяют их требованиям (перелетные птицы, некоторые копытные животные). Здесь весьма четко проявляют особенности видов, входящих в экосистему: оседлые виды (это, как правило, эдификаторы или доминанты) составляют основное ядро биоценоза, тогда как сезонные диктуют его облик. Следует сказать, что при миграционных процессах происходит изменение и характера биоценологических связей: в разные сезоны при наличии или отсутствии отдельных видов внутренние связи меняются. К числу сезонных аспектов относят и виды с пульсирующей активностью (диапаузы насекомых, оцепенение пойкилотермных и спячка гомойотермных животных и т.д.). Растительные сообщества также меняются по сезонам, как структурно (листопад, засыхание трав), так и функционально (изменение фотосинтеза, накопление биомассы и т.п.).

По И.А.Шилову (2000), уменьшение числа активных видов снижает интенсивность биогенного круговорота веществ и несколько замедляет энергетический обмен, т.е. число видов в биоценозе в определенной степени следит фактором регуляции биосферных процессов. Биологически значимым для сезонных аспектов является влияние абиотических факторов особенно ярко проявляющихся в

ландшафтно-климатических зонах со сменой зимних и летних периодов, а в тропиках - засушливых и влажных, но уже гораздо менее выражено.

В водной среде сезонные аспекты проявляются в связи с гидрологическими режимными сезонами, которые не совпадают в ландшафтно-климатических зонах. В качестве примера можно привести изменения видового состава планктона: "период цветения моря - биологическая весна" - массовое развитие фитопланктона, "биологическое лето" - активное развитие зоопланктона, "биологическая осень - осеннее цветение" - в умеренных климатических зонах - вспышка цветения фитопланктона, а в арктических зонах - общее снижение биомассы планктона, "зима" - время минимума биомассы планктона во всех климатических зонах.

Указанные суточные и сезонные аспекты биоценозов затрагивают как следует из вышеизложенного число видов, т.е. количественные характеристики, но качественного изменения системы в данном случае не возникает.

### **Экологические сукцессии.**

Динамика биоценозов может быть принципиально иной, когда под влиянием комплекса факторов меняются фундаментальные свойства экосистем и происходит их изменение в виде серии сменяющих друг друга сообществ. "Развитие биоценозов, при котором имеет место замещение во времени одного сообщества другим, называют экологической сукцессией" (от лат. *successio* - преемственность) (И.А.Шилов, 2000, с.432). По времени осуществления сукцессии, как правило, длятся годами и десятилетиями, хотя во временных водоемах сукцессии осуществляются с удивительной скоростью. Установлены и вековые изменения экосистем, которые отражают эволюцию биосферы.

Наиболее глубоко проблема сукцессий проработана для фитоценозов, в первую очередь потому, что смены сообществ базируются на функциях автотрофов, гетеротрофные же изменения являются вторичными и следуют за автотрофами.

Впервые динамику экосистем описал Э.Варминг в 1896 г., но наибольший вклад внес Ф.Клементс (1904). Надо сказать, что влияние Ф.Клементса на этот раздел экологии оказалось сильным, но некоторые современные специалисты, отдавая дань полученным им результатам, считают, что современные исследования уже требуют переосмысления таких постулатов Клементса, как к примеру, его утверждение о климаксовом состоянии сообщества как конечном этапе сукцессионного процесса или решающей роли климата в развитии сукцессии и ряд других.

Итак, сукцессия - это закономерная, обусловленная влиянием комплекса внутренних и внешних факторов последовательная смена сообществ в экосистемах. Изменения во времени - это естественное свойство экологических сообществ. Влияние комплекса факторов вызывает в экосистемах сукцессию как адаптивную реакцию. Ф.Клементс считал, что сукцессия завершается формированием сообщества, наиболее адаптированного по отношению к комплексу климатических условий, которое он назвал "климакс - формация" или просто "климакс"; в настоящее время эта формация считается также временным состоянием: в процессе вековых изменениях условий (климата и других факторов среды) возникают полномасштабные изменения экосистем. Выделяются прогрессивные сукцессии, в которых постепенно наращивается видовое разнообразие, но имеются также и дигрессии - регрессивные сукцессии, направленные на объединение и упрощение сообществ. Особенно часто последнее стало проявляться при наличии крупномасштабных адаптированных воздействий на биоценозы, нарушающих оптимум условий.

По современным представлениям смены сообществ могут происходить под влиянием климатических факторов, трансформации рельефа, обогащение или обеднение почв, гидрологического режима и т.п. Важнейшее значение же придается биоценотическим факторам: виды растений (а также животных), участвующие в сукцессионных сообществах, изменяют условия обитания для других видов, таким образом "подготавливая почву" для последующего этапа сукцессии. В целом выделяют сукцессии, связанные исключительно с внешними абиотическими факторами (аллогенные) и сукцессии, вызванные изменением структуры и системы связей в существующих сообществах (автогенные). Но эти два типа сукцессий способны переходить друг в друга в силу глубокой взаимозависимости. (В.Н.Сукачев, 1942).

Начальный этап сукцессии выражается в процессе первоначального формирования растительного покрова. Он связан с вселением (миграцией) растений на данную территорию, их отбором в процессе приспособления к ее условиям, затем к конкуренции между ними из-за средств жизни. Это в

целом приводит к формированию фитоценоза, после чего происходят структурные изменения в экосистеме, которые и приводят к устойчивому сообществу, отвечающему понятию климаксформации, с возможными дальнейшими уже вековыми изменениями. (И.А.Шилов, 2000).

По Ф.Клементсу, в наиболее общем виде сукцессии проходят через фазы обнажения (появление незаселенного пространства), миграции (заселение его первыми, пионерными формами жизни), эцезиса (колонизация и приспособление к конкретным условиям среды), соревнования (конкуренция с вытеснением ряда первичных поселенцев), реакции (обратное воздействие сообщества на биотоп и условия существования) и стабилизации (формирование климаксового биоценоза). В сукцессионных процессах, по мнению В.Н.Сукачева, важнейшую роль играют конкурентные отношения на внутривидовом и главным образом на межвидовом уровне, которые в конечном итоге и приводят к равновесному состоянию характеризующему завершающее сообщество.

Сукцессия, в энергетическом смысле, связана с фундаментальным сдвигом потока энергии в сторону увеличения количества энергии, направленной на поддержание системы. Стадии роста, стабилизации и климакса сукцессии можно различать на основе критерия продуктивности: на первой стадии продукция растет до максимума, на второй остается постоянной, на третьей уменьшается до нуля по мере деградации системы.

Наиболее интересно различие между растущими и зрелыми системами, которые можно представить в виде следующей таблицы.

Обратите внимание на обратную зависимость между энтропией и информацией, а также на то, что развитие экосистем идет в направлении повышения их устойчивости.

По общему характеру сукцессии подразделяются на первичные и вторичные. Первичные сукцессии начинаются на субстрате, неизменном (или почти неизменном) деятельностью живых организмов. Главной функцией такого рода сукцессией является создание (или изменение) почвы первичными колонистами.

В качестве примера, остановимся на формировании скальных биоценозов: процесс начинается с поселения на скалах накипных лишайников, на этой стадии постепенно формируется комплекс видов микроскопических водорослей, простейших, нематод, отдельных насекомых, который способствует формированию первичной почвы, затем здесь поселяются другие формы лишайников, специализированных мхов; еще позднее - на базе возникшей почвы - вселяются сосудистые растения и параллельно идет обогащение животного населения. Сходным образом описывается смена сообществ на ледниковых отложениях на очень бедных почвах, завершающее сообщество здесь создается примерно через 100 лет после начала сукцессии (И.А.Шилов, 2000). Вторичные сукцессии развиваются на субстрате, первоначально измененном деятельностью комплекса живых организмов. Такие сукцессии чаще всего имеют восстановительный (демутационный) характер.

“Примером вторичных сукцессий демутационных может служить восстановление климаксового лесного биоценоза после пожаров (а в наше время и вырубок). В таежной зоне Евразии появление открытого пространства на месте еловых лесов в результате пожара или сплошной рубки коренным образом меняется

Таблица

Показатель	Растущая экосистема	Зрелая экосистема
Урожай	высокий	низкий
Видовое разнообразие	мало	велико
Структурное разнообразие	слабо организовано	хорошо организовано
Специализация по нишам	широкая	узкая
Размеры организма	небольшие	крупные
Жизненные циклы	короткие и простые	длинные и сложные
Скорость обмена биогенных веществ между организмом и средой	высокая	низкая
Давление отбора	на быстрый рост	на регуляцию обратной связи
Внутренний симбиоз	не развит	развит

Сохранение биогенных веществ	с потерями	полное
Стабильность	низкая	высокая
Энтропия	высокая	низкая
Информация	мало	много

режим освещения, температуры, влажности и других факторов. Изменения эти неблагоприятны для комплекса таежных видов растений и животных, их развитие угнетается. Зато на освещенных, относительно сухих и хорошо прогреваемых местах формируется временное одноярусное сообщество из светолюбивых трав. Первыми здесь развиваются виды с легко распространяемыми семенами: вейник, Иван-чай и др. - это стадия открытой вырубki. Позднее начинается лесовозобновление: прорастают светолюбивые лиственные породы (осины, береза, ивы и др.); поселяются кустарники. Одновременно формируется связанный с лугово-кустарниковой растительностью комплекс животного населения: многочисленные и разнообразные насекомые и другие беспозвоночные, грызуны, исходно связанные с лугами и лесными полянами; развитие ягодных кустарников привлекает большое число видов птиц, наличие хорошо прогреваемых мест - рептилий и т.д. Формируется богатое и разнообразное сообщество зарастающей вырубki.

Эта стадия занимает в среднем 2-3 года, после чего начинается интенсивное развитие светолюбивых мелколиственных древесных пород (осины, березы). Постепенно подростные деревья вытесняют кустарники и наиболее светолюбивые виды трав; кустарниково-луговое сообщество сменяется лиственным жердняком - молодым лесом с несомкнутыми кронами. Это влечет за собой и изменение животного населения: на стадии жердняков оно обедняется за счет эмиграции видов, ранее связанных с кустарниками и богатым разнотравьем. После смыкания крон и перехода сообщества от стадии жердняка в фазу лиственного леса (через 10-15 лет от начала сукцессии) биоценоз вновь несколько усложняется за счет появления более или менее полного комплекта растительности и животного населения, характеризующего спелые лиственные леса. Под древесным пологом, в условиях затенения и повышенной влажности начинается интенсивное прорастание семян ели. Постепенно хвойный подрост окончательно заглушает луговую травянистую растительность; ее сменяют мхи и лесное разнотравье. Улучшение условий для роста ели ингибирует восстановление мелколиственных лесных пород. Старые лиственные деревья затеняются выходящими в первый ярус елями; смыкание еловых крон еще больше угнетает березы и осины, которые выступают уже в качестве второстепенных членов древостоя. В конце концов лиственные деревья выпадают и восстанавливается исходный тип лесного сообщества с господством ели. Соответственно изменяется и фаунистический комплекс, прошедший в процессе сукцессии фазы сорно-луговой растительности, кустарников, лиственного жердняка и спелого леса. Весь процесс от вырубki (пожара) до формирования устойчивого таежного биоценоза занимает от 90 до 150 лет". (И.А.Шилов, 2000, с.436-439). В табл. приведены некоторые данные по фауне на различных сукцессионных стадиях.

Сходным образом описываются сукцессии в других зональных лесных биоценозах. Однако, сукцессии не всегда доходят до восстановления исходного биоценоза, она может остановиться и на промежуточных стадиях, например, пастьба скота на вырубках и пожарищах может "повернуть" сукцессию в сторону формирования суходольного луга. При значительных переувлажнениях может произойти заболачивание вырубki, что препятствует восстановлению древесной растительности. Иногда процесс может остановиться и на стадии березняка и осинника.

К вторичным сукцессиям относят и такие, при которых исходной силой, вызывающей смену сообществ, оказываются нарушения стабильных взаимодействий в биоценозе; это, к примеру, зоогенные сукцессии, выражающиеся в изменении фитоценоза при чрезмерном выпасе скота; на пастбищах увеличивается число

копрофагов, специфических паразитов домашнего скота, а также концентрируются крупные хищники и падальщики. Представляется интересным изложение следующего биологического факта (И.А.Шилов, 2000, с.441-442): "в середине нашего столетия в лесной зоне Восточной Европы в результате направленной охраны существенно возросла численность лосей *Alces alces*. Этому в немалой степени способствовали широкомасштабные рубки леса и связанные с этим появление, зарастающих лиственными и сосновыми подростками. Лоси скапливались в таких

Таблица

Изменение видового состава птиц  
на зарастающих вырубках, Средний Урал  
(по Н.Н.Данилову, 1958 с изменениями автора)

Показатели	Сосновые леса			Ельники		
	1-10 лет	20-30 лет	Спелые	1-10 лет	20-30 лет	Спелые
Количество гнездящихся видов птиц	13	13	30	7	13	13
Число пар	2,1	1,6	2,6	1,3	0,9	1,2

Таблица

Численность насекомых на вырубках и в лесу  
(по М.Н.Керзиной, 1956 с изменениями)  
(на 100 взмахов сачком, насекомые (цикады, клопы, жуки, пауки))

Место учета	Мордовский заповедник Сосновый лес с березой, елью, осиной Абсолютное количество
Открытые вырубки	207
Зарастающие вырубки	292
Спелый лес	213

местах, в результате чего нарушался естественный ход сукцессии, на больших площадях погибал подрост сосны, осины, дуба, ив и других пород. Это отрицательно сказалось на восстановлении лесных насаждений и вызывало глубокие изменения в состоянии и динамике лесных биоценозов”.

Выделяются также, так называемые деградационные сукцессии, заключающиеся в последовательном использовании различными видами разлагаемой органики. Особенность деградационных смен заключается в том, что сообщества составлены только гетеротрофными организмами, а направление сукцессии идет в сторону все большего структурного и химического упрощения скоплений органического вещества. Это выражается в изменении видового состава насекомых и других организмов, потребляющих древесину на разных стадиях ее разложения. Аналогичная динамика имеет место в скоплениях помета животных (серии смен копрофагов), в разлагающихся растительных остатках, а также в сильно загрязненных органикой водоемах. Образующиеся в этих условиях временные сообщества не соответствуют понятию полного по структуре и составу биоценоза и виды в них объединяют только общность пищевого субстрата, а серии сменяющих друг друга наборов видов функционально относят к цепям редукции.

*Вековые смены экосистем.* Фундаментальные крупномасштабные формы динамики биоценозов представлены вековыми сериями сменяющих друг друга на протяжении многих столетий экосистем. Эти экосистемы представляют собой устойчивые ландшафтные сообщества. Масштабность изменений в такого рода экосистемах в целом сопровождают и определяют развитие биосферы в целом. Эти сукцессии охватывали по длительности целые геологические периоды и осуществлялись как смены типов сообществ живых организмов в связи с изменениями климата, рельефа и других свойств геосфер Земли.

В целом такие сукцессии не являются типично экологическими сукцессиями в их классическом выражении: дело в том, что смены флоры и фауны, протекающие в геологических масштабах, начинаются отнюдь не с заселения “пустыррей” (незанятых жизнью пространств), а с перестройки внутренних связей уже сложившихся и функционирующих экосистем. По И.А.Шилову (2000), А.А.Горелову (1998), причиной

смены видового состава в этом случае оказывается то обстоятельство, что медленно идущие изменения среды приводят к тому, что ряд видов теряет ранее выработанную приспособленность к условиям обитания; они замещаются другими видами, более адаптированными к новым условиям. Самым типичным образцом такого рода сукцессий является изменение фитоценозов и зооценозов по мере отступления ледников в периоды межледниковий. Следует заметить, что трансгрессия и регрессия ледников иногда столь значительно трансформировала почвенный покров, что в ряде случаев было необходимо собственно новое почвообразование, и сукцессия превращалась в типичную для первичного типа.

К числу вековых сукцессий можно отнести процессы, протекающие в Аральском регионе (Палваниязов, 1992, Шилов, 2000). Здесь необходимо сделать существенное замечание: исходная причина изменений в экосистеме данного региона связана в наибольшей степени с хозяйственной деятельностью человека, которая нарушила сложившийся водный баланс небольшого по площади Аральского моря.

Примерно до 1960 г. Аральское море оказывало серьезное смягчающее влияние на "континентальность" климата прилегающих и довольно значительных по площади территорий. Поглощая тепло летом и отдавая его в окружающие пустыни зимой, море смягчало температурные экстремумы и стабилизировало тем самым условия жизни биоценозов Приаралья. Испаряемая морем влага уменьшала сухость воздуха и частично восполняла дефицит влаги, которая становилась доступной живым организмам. С начала 60-х годов началось прогрессирующее снижение уровня Аральского моря: к концу 70-х площадь его акватории сократилось на 16 тыс км<sup>2</sup>, к 1985 г. - на 19 тыс км<sup>2</sup>, а затем ежегодно с каждым метром снижения уровня моря обнажалось до 2 тыс км<sup>2</sup> его дна. Этот процесс существенно изменил гидрогеологическую обстановку на значительных по площади территориях: снижение уровня грунтовых вод в устье Аму-Дарьи составило 4 м, а выше по ее течению в Кызылкумах до 6-11 м. Обсыхающее дно моря характеризуется интенсивным процессом опустынивания, в котором ведущими факторами становятся поверхностное засоление почвы и ветровые (эоловые) процессы - дефляция и десквамация, возникает широкий перенос частиц соли. Дно моря заполнено песчано-солончаковыми массивами. Эти активные изменения в абиотических факторах среды сказываются на состоянии экосистем прилежащих к бывшему побережью территории в полосе более чем 300 км. Солончаково-песчаные равнины вначале - на второй год после обнажения - колонизируются солянками. Сюда вселяются песчанки, малый тушканчик, домовая мышь; вслед за ними появляются некоторые хищники (ласка, лисица, степной хорь). Появляются и копытные - кабан, местами - сайгак, джейран. Но уже через 3-4 года эти места превращаются в так называемые пухлые солончаки, лишенные растительности и животного населения. Поведение уровня грунтовых вод влечет за собой расширение зоны сыпучих песков; в климате происходит постепенное наращивание степени "аридизации". Все это сказывается и на видовом составе численности и условиях существования живых организмов на прилежащих территориях Кызылкумов, Приаральских Каракумов, плато Устюрт и др.

#### **Гомеостаз на уровне экосистем.**

Многообразные формы связей, существующие между популяциями разных видов, объединяют биоценоз в целостную биологическую систему. Как все биологические системы любого уровня, биоценоз существует в определенных абиотических условиях того или иного участка географической среды. Среда эта никогда не является абсолютно стабильной, а устойчивое выполнение главенствующей функции экосистем - поддержания биогенного круговорота - должно обеспечиваться биоценозическими адаптивными механизмами. Эти механизмы при рассмотрении их на уровне экосистем носят исторический характер, так как складываются на протяжении всего существования и формирования экосистем. Между элементами экосистемы устанавливаются общие стабильные взаимоотношения, которые адаптированы не только к общим факторам существования данной экосистемы, но и к степени взаимосвязей, определяющих устойчивое поддержание этих отношений в колеблющихся условиях данной конкретной среды.

Любая экосистема, любого иерархического уровня может устойчиво функционировать только в пределах устойчивой реализации обратных связей или в области нарушения этих связей, когда элементы экосистемы способны компенсировать отклонения, определяемые положительной обратной связью (например, при поступлении загрязнений в водную экосистему она еще способна к самоочищению). Эта

область устойчивости экосистемы называется гомеостатическим плато (рис. ). В пределах (верхнем и нижнем) действия обратных связей экосистема за счет компенсаторных регуляторов сохраняет устойчивость. В антропогенных экосистемах при возникающих соответствующих нагрузках для устойчивого функционирования экосистем человек должен сам играть роль компенсаторного регулятора (озеленение, посадка леса, системы очистки воздуха и воды).

Нарушения в передаче информации по каналам обратной связи возникает в результате стихийных бедствий: засух, наводнений, землетрясений, болезней. В результате человеческой деятельности также возникают помехи в реализации обратной связи - застройка городов, изменение ландшафта и т.п. Эти нарушения как природного, так и техногенного характера носят иногда случайный характер и они играют роль помех, что не разрушает функционирование экосистемы.

На уровне экосистем перечень видов, состав и сложность развития трофической сети, наиболее устойчивые формы взаимодействия между видовыми популяциями отражают приспособленность к наиболее определяющим особенностям среды и направлены, прежде всего, на устойчивое поддержание биогенного круговорота в изменяющихся условиях. Нарушения, которые возникают в экосистемах на фоне установившихся средних параметров среды, вызывают функциональные адаптации компенсаторного типа. При этом сохраняется принципиальная структура биоценоза. Это многообразные обратимые изменения пищевых цепей, паразитарных связей, условий среды, обусловленные колебаниями численности (плотности) популяций, выражающихся на уровне видов. При более существенном нарушении состава биоценоза возникают неустойчивые, сменяющие друг друга сообщества - процесс, в идеальном, кстати весьма редком, случае ведущий к восстановлению исходного типа экосистемы. Экологические сукцессии такого рода - одно из наиболее ярких выражений действия функциональных адаптаций на уровне биоценозов.

Если изменения среды имеют характер необратимых или отмечена устойчивая тенденция к приобретению средой именно такого характера, то происходит направленная смена типов сообществ. В целом регулируется смена уровня стабилизации биоценотической системы. Особенно точно это прослеживается при оценках в масштабах геологического времени, что нами уже отмечалось при описаниях изменения таких абиотических факторов среды, как климат, параметры рельефа, трансгрессии моря и его гидрологические режимы на протяжении таких значительных отрезков истории Земли как геологические периоды и даже эры. Влияние этих факторов на динамику типов биоценотических сообществ уже достаточно точно установлено палеонтологическими и палеоэкологическими исследованиями и подтверждает его наличие уже в весьма отдаленные геологические эпохи. В частности, показано, что специализированная охота палеолитического населения на крупных травоядных млекопитающих (слоны, мамонты, носороги и др.) стала причиной резкого снижения их численности и при наложившихся факторах потепления климата в межледниковьях привела к почти полному исчезновению их. Это послужило причиной коренного изменения общего облика фитоценозов. В плейстоцене крупные травоядные выступали в качестве эдификаторов (основателей) биоценозов, создавая мозаичность растительного покрова путем постоянного повреждения сомкнутых древостоев и сплошных массовых кустарников и поддержания на их месте ассоциаций злаков и разнотравья. С гибелью мамонтовой и иной подобной фауны сомкнутые древостои стали широко распространяться, и растительный покров Земли принял близкий к современному зональный облик. (С.П.Маслов и др., 1995)

Уже исследованиями В.Н.Сукачева было показано, что у нашей планеты имеется целостный биогеоценотический покров Земли. Действительно, хотя биологический круговорот может быть завершен уже на уровне отдельной экосистемы и даже биоценоза, в реальных условиях обособленных круговоротов не установлено, да они по большей вероятности неосуществимы. На уровне биосферы круговоротные процессы объединяются в единую систему глобальной функции живого вещества. По И.А. Шилкову (2000), в этой системе не только полностью завершаются отдельные биогеохимические циклы, но и реализуются тесная взаимосвязь их с абиотическими процессами формирования и переформирования горных пород, становления и поддержания специфических свойств гидросферы и атмосферы, почвообразования, поддержания их естественного плодородия и т.д. В конечном итоге многообразие форм жизни определяет уникальные свойства биосферы как самоподдерживающейся системы, гомеостаз которой осуществляется (и осуществляем, т.е. запрограммирован) на всех уровнях организации живой материи. Теснейшая функциональная взаимосвязь биологических систем разных уровней превращает отдельные формы



жизни в интегрированную глобальную систему. Различные уровни гомеостазирования биологических систем и биосферы в целом сложились на протяжении длительной геологической истории нашей планеты.

### **Раздел 3. Человечество и окружающая среда**

#### **Глава 15. Антропогенные воздействия на биосферу.**

Человек практически с самого начала своего существования оказывал влияние на природу. На первых этапах человек взаимодействовал с природной средой как обычный биологический вид, как животное и в целом входил в состав экосистемы, как ее составной элемент. Уже в первобытном обществе экологическое равновесие поддерживалось стихийным путем при перекочевывании сообществ людей после исчерпания растительных и животных ресурсов на месте прежнего обитания либо удалением мест проживания людей друг от друга на расстояние, достаточное для устойчивого функционирования экологических систем. Свой негативный вклад в это устойчивое функционирование вносили болезни, низкая продолжительность жизни, небольшая численность людей.

Этот период зарождения взаимодействия человека и природы можно отнести к стихийному. Человек в основном использовал окружающие его ресурсы и практически не влиял ни на их количество, ни на их качество, и не мог оказать какого-либо ощутимого воздействия на природу как в силу своей малочисленности, так и какого-либо значимого средства влияния на компоненты среды.

Зачастую не было гармонии человека и природы и различие между сообществами людей по степени их развития сказывалось лишь в степени воздействия на среду. Первобытные охотники и собиратели не только приспосабливались к природе и пользовались ее “дарами” в готовом виде, но иногда постигали некоторые закономерности, создавая, например, первые антропогенные ландшафты путем “земледелия с горячей головой” (Ким М.П., 1981). Таким способом пользовались аборигены Тасмании и Австралии выжигали леса с целью повышения “удачливости” в охоте, но это в конце концов существенно изменило растительный покров, климат и вызвало активную почвенную эрозию, способствовал опустыниванию.

Сформировавшись человеческое общество прошло следующие этапы взаимодействия с природой (по А.К.Тетиору, 1992):

- переход к производству и применению орудий труда как первому звену взаимоотношений людей и природы;
- переход к искусственному производству энергии, расширившему возможности в преобразовании природы;
- промышленная и научно-техническая революция;
- искусственное воспроизводство сохранение окружающей среды - протоноосфера.

В конце второго тысячелетия рост численности населения, а главным образом, качественный скачок в развитии науки и техники привели к тому, что антропогенные воздействия по своему значению для биосферы вышли на один уровень с естественными планетарного масштаба. Преобразования ландшафтов в города и иные поселения человека, в сельскохозяйственные угодья и промышленные комплексы охватило уже более 20% территории суши. Количество перемещаемого в процессе производственной деятельности вещества в настоящее время на порядок выше величин естественных рельефообразующих процессов. Расход кислорода в промышленности и на транспорте составляет в масштабах всей биосферы порядка 10% планетарной продукции фотосинтеза; в некоторых странах техногенное потребление кислорода превышает его производство растениями. В наше время антропогенное воздействие становится направляющей силой дальнейшей эволюции экосистем.

По А.Н.Тетиору (1992, с.15) к антропогенным воздействиям относят все виды угнетающих природу воздействий, создаваемых техникой и непосредственно человеком. Антропогенные воздействия подразделяются на:

- загрязнения - внесение в среду нехарактерных для нее новых физических, химических или биологических агентов (элементов, соединений, веществ, объектов) или превышение имеющегося естественного уровня этих агентов;

- технические преобразования и разрушения природных систем и ландшафтов - в процессе добычи природных ресурсов, при сельскохозяйственных работах, при строительстве и т.д.;
- истощение природных ресурсов (полезные ископаемые, вода, воздух, биологические компоненты экосистем);
- глобальные климатические воздействия (изменения климата в связи с хозяйственной деятельностью человека);
- эстетические нарушения (изменение природных форм, неблагоприятные для визуального и этого восприятия; разрушение историко-культурных ценностей и т.п.)

В результате человек воздействует на биосферу и изменяет состав, круговорот и баланс веществ; тепловой баланс приповерхностной части Земли; структуру земной поверхности (при сельскохозяйственных работах, перемещении вскрытых пород; проходке карьеров, в результате застройки городов, при дорожном строительстве; при сооружении искусственных водоемов - каналов, водохранилищ, мелиорации и т.д.); истребляя, а также перемещая в новые места обитания ряд видов животных и сорта растений.

В условиях антропогенных нагрузок для устойчивого функционирования экосистем человек должен сам играть роль компенсаторного регулятора, озеленяя землю в местах вырубленных лесов, очищая воду, воздух и т.д.

### **Загрязнения.**

По Р.Парсону загрязнения подразделяют в зависимости от типа, источника, последствий и мер контроля на: сточные воды и другие нечистоты, поглощающие кислород; носители инфекции; вещества, представляющие питательную ценность для растений; минералы и неорганические кислоты и соли; твердые стоки; радиоактивные вещества.

Следует заметить, что принципиально загрязнения могут быть и естественными, возникающими в результате мощных природных процессов - извержения вулканов с огромными по массе выбросами пыли, пепла, газов, пара и т.д.; лесные и степные пожары; наводнения; пылевые и песчаные бури и т.п.

Необходимо остановиться на таком важном понятии которое широко используется в современной экологической и природоохранной литературе, как загрязнитель. Под ним понимается любой физический агент, химическое вещество или биологический вид (главным образом микроорганизмы), поступающий в окружающую среду или возникающий в ней в количестве, выходящим за рамки обычного, и вызывающий загрязнение среды. Они бывают: естественные (природные), антропогенные, а также первичные (непосредственно из источника загрязнения) и вторичные (в ходе разложения первичных, или химических реакций). Еще выделяют стойкие (неразлагающиеся) загрязнители, которые аккумулируются в трофических цепях.

Поступление различных загрязнителей в природную среду может иметь ряд нежелательных последствий: нанесение ущерба растительности и животному миру (снижение продуктивности лесов и культурных растений, вымирание животных); нарушение устойчивости природных биогеоценозов; нанесение ущерба имуществу (коррозия металлов, разрушение архитектурных сооружений и пр.); вред для здоровья человека и т.д. Многие из загрязнителей (пестициды, полихлордифенилы, пластмассы) крайне медленно разлагаются в естественных условиях, а токсичные соединения (ртуть, свинец) вообще не обезвреживаются.

Если до 40-х годов XX столетия еще доминировали натуральные продукты (хлопок, шелк, шерсть, мыло, каучук, пища свободная от добавок и т.п.), то в настоящее время в промышленно развитых странах они заменены синтетическими, которые трудно (или неполностью) разлагаются и загрязняют среду. Это прежде всего синтетические волокна, моющие средства (детергенты, отбеливатели), пища с добавками, минеральные удобрения, синтетический каучук и пр. (Миллер, 1993).

Особенно много загрязнителей в окружающую среду поставляют получение энергии в результате сжигания ископаемого топлива. Человек, высвобождая солнечную энергию таким путем, ускоряет круговорот веществ и энергии в природе. Отходы производства и загрязнители: оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, твердые частицы и др.) атмосферы нарушают естественный круговорот углерода, способствуя возникновению ряда негативных последствий (парниковый эффект, фотохимический смог и др.). Большое количество загрязнителей в атмосферу поставляют различные отрасли промышленности, в

частности, металлургические предприятия мира ежегодно выбрасывают более 150 тыс. т меди, 120 тыс. т цинка, 90 тыс. т никеля, кобальта, ртути. Так Норильский горно-металлургический комбинат ежегодно выбрасывает в атмосферу только сернистых соединений до 2200 тыс.т, что привело за собой гибель значительного числа растительных сообществ, создавая значительную угрозу здоровью и жизни многих других живых организмов. В радиусе до 120 км от комбината отсутствует естественное возобновление деревьев, а ежегодный прирост и первичная биологическая продуктивность минимальны.

Загрязнители воды – это все химические вещества, так или иначе загрязняющие воду, делающие ее непригодной для питья или же вредно для гидробионтов. Среди загрязнителей водной среды выделяют: легко поддающиеся разложению органические вещества (бытовые стоки); трудно или совсем не поддающиеся разложению (главным образом промышленные стоки); соли (хлориды, сульфаты, нитраты и пр.) и соединения тяжелых металлов (ртути, кадмия, свинца, ниобия и др.). Множество загрязнителей поступает из различных отраслей промышленности (табл. ).

Столько же загрязнителей в окружающую среду поставляют сельское хозяйство, так к примеру, одних только пестицидов в мире насчитывается более 1500 препаратов (в России из них пока применяется только 150-160). Особую опасность создает применение фосфоорганических пестицидов, которые пред-

Преобладающие загрязнители водных экосистем  
по отраслям промышленности (по С.В.Яковлеву и др. 1994)

Отрасль промышленности	Преобладающие виды загрязнителей
Целлюлозно-бумажный комплекс, деревообработка	Органические вещества (лигнины, смолистые и жирные вещества, фенол, метилмеркаптан и др.), аммонийный азот, сульфаты, взвешенные вещества
Нефтегазодобыча	Нефтепродукты, СПАВ, фенолы, аммонийный азот, сульфиды.
Машиностроение	Тяжелые металлы, взвешенные частицы, цианиды, аммонийный азот, нефтепродукты, смолы, фенолы, флотореагенты
Химическая, нефтехимическая	Фенолы, нефтепродукты, СПАВ, полициклические ароматические углеводороды, бенз(а)пирен, взвешенные вещества
Горнодобывающая, угольная	Флоореагенты, минеральные взвешенные вещества, фенолы
Легкая, текстильная, пищевая	СПАВ, нефтепродукты, органические красители, органические вещества, пластмассы, в т.ч. в виде механических взвесей

ставляют собой сильнодействующие токсины, вызывающие массовую гибель птиц (сизых голубей, дроздов, скворцов и др.).

Все загрязнения подразделяются на три основных группы: физическое, химическое и биологическое. (рис. ).

*Физическое загрязнение* связано с изменением физических, температурно-энергетических, волновых и радиационных параметров внешней среды. Так, тепловое воздействие проявляется, например, в деградации вечной мерзлоты, со связанными с зонами распространения вечномерзлых пород мерзлотными процессами и явлениями (термокарст, соифлюкация, наледи и др.); даже в изменении структурных особенностей некоторых грунтов при высоких температурах (под металлургическими печами, кирпичными заводами и т.п.) и условий жизни людей. Изменение теплового режима в сезонных колебаниях температуры в районе г.Красноярска за счет попусков воды из водохранилища Красноярской ГЭС выразилось в снижении температуры в р.Енисей летом и ее повышении зимой относительно температуры окружающего воздуха. Это кстати как показывают некоторые данные сказалося на количестве острых респираторно-вирусных заболеваний у жителей Красноярска.

Источниками теплового загрязнения в городе служат: подземные газопроводы промышленных предприятий (140-160°C), теплотрассы (50-150°C), сборные коллекторы и коммуникации (35-45°C) и т.д. Сюда относятся воздействие шума и электромагнитное излучение, причем источниками последнего служат высоковольтные линии электропередач, электроподстанции, антенны радио- и телепередающих станции, а в последнее время также микроволновые печи, компьютеры, радиотелефоны. Установлено, что при длительном воздействии электромагнитных полей даже у здоровых людей отмечается повышенная утомляемость, головные боли, чувство апатии (Жигалин, 1993).

*Химическое загрязнение* - увеличение количества химических компонентов в определенной среде, а также проникновение в нее химических веществ, которые ей не присущи или в концентрациях превышающих обычную норму. Именно этот вид загрязнений является наиболее опасным для природных экосистем и качества жизни человека, в связи с тем, что оно поставляет в природную среду различные токсиканты (аэрозоли, тяжелые металлы, пестициды, детергенты, пластмассы и другие химические вещества и соединения). По некоторым данным в настоящее время в окружающей среде содержится от 7 до 8,6

млн химических веществ, причем их перечень ежегодно пополняется еще примерно на 250 тысяч новых соединений. Многие химические вещества обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, среди которых особенно опасны те, которые включены в известный "список ЮНЕСКО", а это почти 200 наименований: бензол, бенз(а)пирен, пестициды (ДДТ, элдрин, линдан и др.), асбест, тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий и др.), разнообразные красители и пищевые добавки. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в мире около 600 млн человек подвергается воздействию атмосферы с повышенной концентрацией диоксида серы и более 1 млрд человек, т.е. каждый шестой житель Земли, с вредной для здоровья концентрацией взвешенных частиц.

*Биологическое загрязнение* - случайное или связанное с деятельностью человека проникновение в эксплуатируемые экосистемы и технологические устройства, а также в природные экосистемы чуждых им растений, животных и микроорганизмов (бактериологическое); часто оказывает негативное влияние при массовом размножении пришлых видов. Особенно загрязняют среду те промышленные производства, которые изготавливают антибиотики, ферменты, вакцины, сыворотки, кормовой белок, биоконцентраты и т.п., т.е. предприятия микробиологической промышленности, при промышленном биосинтезе и существующих технологиях, в выбросах которых присутствуют живые клетки микроорганизмов. К биологическому загрязнению относят преднамеренную или случайную интродукцию или чрезмерную экспансию живых организмов - это, к примеру, известные переселения кроликов и овец в Австралию, пресноводной рыбы - ратана в водоемы Центральной России. Кроме того, в городах наличие свалок и несвоевременная уборка твердых бытовых отходов привели к численному росту синантропных животных: крыс, голубей, ворон, насекомых и др. (Колонин и др., 1992).

*Эстетическое загрязнение* - это, как правило, связанное с деятельностью человека, преднамеренное или случайное изменение визуальных доминант природных или антропогенных ландшафтов. В отдельных случаях возможно возникновение данного вида загрязнений вследствие естественных причин. Этими причинами в данном случае являются природные катастрофы: землетрясения, цунами, сели, лавины, оползни, обвалы, наводнения, смерчи, тайфуны и торнадо. Указанные чрезвычайные ситуации могут быть весьма масштабными и приводят к значительным изменениям даже в рельефе местности: при землетрясениях в результате обвалов возникают озера, а на месте гор возникают плоские равнины и т.п. Но в данном случае даже при масштабных изменениях в среде в целом экосистемы значительных объемов остаются способными к самовосстановлению, и хотя оно может длиться достаточно долго, но природа «раны заживает весьма умело».

Эстетические загрязнения техногенного происхождения практически всегда связаны со строительной (градостроительной и гидротехнической) деятельностью, горнодобывающей промышленностью, сельским хозяйством и т.п. Практически всегда, во всяком случае, до последнего времени эти действия создают сооружения или изменяют природные ландшафты в значительных масштабах и главное "неадекватные" сложившимся визуальным образом. Изменения визуальных доминант негативно влияют на параметры, определяющие качество жизни человека, вызывая никогда даже психофизические расстройства и другие изменения в здоровье людей.

А.Н.Тетиор (1992, с.16) подчеркивает, что из всех антропогенных воздействий именно загрязнения - фактор, наиболее существенно разрушающий природу, приводящий как к необратимому изменению отдельных экосистем и биосферы в целом, так и к потере материальных ценностей (сельхозпродуктов и др.), энергии, труда, затраченного человеком. Однако большой вред наносится и техническими преобразованиями, и разрушением природных систем в процессе градостроительства, дорожного, гидротехнического, энергетического и других видов строительства, при добыче полезных ископаемых и т.д. К примеру, застройка и асфальтирование больших территорий в городах не только выводит из естественного оборота определенной части земной поверхности, но одновременно существенно изменяет гидрогеологический режим, процессы испарения влаги и т.п., что в целом прерывает сложившиеся связи в системах биосферы.

### **Загрязнение и иные воздействия на литосферу.**

В современном понимании биосферу можно представить как глобальное геологическое тело, играющее определенную роль в эволюции Земли, включающее совокупность всех живых организмов и органического вещества, а также область планеты, находящуюся во взаимодействии с живыми организмами или измененную ими.

По мере развития биосферы, увеличения видового разнообразия, усложнения строения организмов, их поведения, расширения жизненного пространства, возрастают интенсивность и степень взаимодействия организмов с окружающей их средой, одним из наиболее важных компонентов которой является литосферы. А, следовательно, растёт и область планеты, находящаяся во взаимодействии с живыми организмами. С другой стороны, изменения, внесенные жизнью в окружающую среду, развиваются и после снятия непосредственного воздействия, вовлекаясь в геологические процессы более крупного масштаба, в качестве примера достаточно напомнить о процессе постепенного накопления мощных толщ скелетов кораллов, раковин, панцирей и т.п., которые затем могут быть вовлечены в метаморфизм и образовать мраморы, скарны. Итак, равнинные области континентов, многие горные сооружения нашей планеты состоят преимущественно из метаморфизованных органогенных пород - преобразованных остатков организмов, живших многие сотни миллионов лет назад.

Биосфера, являясь результатом проявления комплекса процессов развития Земли, этапом ее планетарного развития, формирует широкий спектр экзогенных факторов геологических процессов, во многом определяя характер развития приповерхностных областей планеты. Ее влияние охватывает всю поверхность Земли, непрерывно, в течение большей части ее времени ее существования планеты и распространяется на значительную глубину, что обуславливает огромную значимость биосферы даже в процессах тектогенеза.

Интенсивное развитие техногенеза как процесса технической (геологической) деятельности человека повлекло за собой многократное усиление интенсивности и глубины взаимодействия человека с окружающей средой за счет возрастания потребностей и привлечения их для удовлетворения различных технических средств. В совокупности с "демографическим взрывом" и локализацией областей взаимодействия это привело к тому, что роль человека в эволюции планеты вышла за рамки биологического вида.

В настоящее время плоды деятельности человека становятся не только одним из ведущих геологических факторов по своим масштабам, но и качественно отличаются от всех доантропогенных видов экзогенного воздействия на Землю. Сюда можно отнести такие специфические и крупномасштабные и специфические виды геологической (именно геологической) деятельности человека как строительство, сельское хозяйство, синтез новых химических соединений, концентрация естественных и техногенных веществ, перемещение и реструктуризация горных пород, изменение рельефа, разрушение и преобразования геологических тел, перераспределение напряжений в верхних областях земной коры (даже до глубины в первые десятки километров); мощное динамическое и сейсмическое воздействие (сопоставимое по мощности с извержением не очень крупного вулкана) и т.д.

Другое важное свойство техногенеза - его интенсивное развитие, по темпам значительно превосходящее скорость изменения естественных условий на Земле. То есть, структура планеты не успевает преобразоваться, чтобы включить в свои циклы и сбалансировать техногенные геологические процессы (здесь по геологическими процессами будем понимать физические и химические процессы как составляющее того или иного уровня процесса эволюции Земли).

С другой стороны, быстрое техногенное непропорциональное изменение отдельных компонентов системы, подобно изменению всего рисунка в калейдоскопе при его малейшем повороте, приводит к деформации всего комплекса природных процессов, направленной на уравнивание изменений. Это уравнивание часто сопровождается неожиданными и нежелательными процессами или возникновением условий, иными словами новой структуры системы, неблагоприятных для человека.

Таким образом, геологическая роль человека характеризуется интенсивностью и глубиной воздействия, проникающего на десятки километров в недрах Земли и влияющей даже на ход эндогенных процессов столь глубоких уровней, что реакция системы может длиться десятки, сотни и вероятно, более лет. В целом по отношению ко всей истории планеты, к истории биосферы, человечество довольно молодое образование. Активное развитие техногенеза, фактически, началось на рубеже XIX-XX веков. Учитывая масштабность, глубину и сверхинтенсивное по отношению к времени существования планеты, нарастание техногенного воздействия, можно утверждать, что результаты техногенеза еще в общем-то не проявились. Те проявления реакции Земли на действия человека только лишь первые провозвестники грядущих геологических потрясений - перестройки структуры планеты, направленной на уравнивание нового техногенного фактора тектогенеза.

Таким образом, человек, являясь закономерным этапом развития биосферы, а значит, и планеты в целом, взаимодействует с ней как непосредственно через основу своей жизнедеятельности - литосферу, так и через факторы ее развития, т.е. через компоненты природной среды: атмосферу, гидросферу, биосферу.

Этот подход, впервые обозначенный еще в 40-е годы XX столетия К. Троллан, в виде геоэкологии или экологии ландшафтов, в аналитическом современном виде сформулирован академиком В.И.Осиповым (1993, с14-18).

При рассмотрении взаимоотношений человека с литосферой их область распространяется исключительно в границах геологической среды.

Рост технических возможностей увеличивает границы проникновения человека в геологическую среду, например, нефть в промышленных целях добывается с глубин в несколько километров. Ярким примером техногенного воздействия на эндогенный геодинамический комплекс могут служить проявления наведенной сейсмичности - увеличения сейсмической активности некоторых областей планеты вследствие разрядки тектонических напряжений, спровоцированной техногенным перераспределением внутренних напряжений земной коры, вызванным заполнением крупных водохранилищ, динамическим воздействием мощных взрывов, перемещением больших масс горных пород, извлечением полезных ископаемых и рядом других.

Другим аспектом расширения границ геологической среды является интенсифицирующееся производство устойчивых в земной коре веществ, требующих для своего рассеяния и разложения длительного (даже в геологическом масштабе) времени и вовлечения в этот процесс глубоких структурных уровней планеты.

Как и любой компонент биосферы человек забирает из литосферы определенные вещества, преобразует их и возвращает в литосферу с измененным составом, концентрацией и местоположением. В соответствии с этим, могут быть выделены воздействия на человека со стороны литосферы и воздействия со стороны человека на литосферу. Первые формируют минерально-сырьевую базу человека, условия его жизни и деятельности или инженерно-геологические условия, а также условия развития взаимосвязанных компонентов - атмосферы, гидросферы, биосферы как составляющих окружающей человека среды, участвующих в формировании и регенерации ее свойств. Сюда следует отнести как благоприятные с точки зрения человека условия, так и неблагоприятные, сложные для того или иного вида освоения либо для жизни человека, включая проявления опасных и катастрофических геологических процессов.

С общеэкологических позиций представляется необходимым рассмотреть воздействия на литосферу (геологическую среду) со стороны человека и ее ответной реакции.

Техногенные воздействия на литосферу можно характеризовать используя терминологию инженерной геологии и геоэкологии.

Техногенное воздействие в данном случае представляет собой изменение структуры геодинамического комплекса - его компонентов или взаимосвязей между ними. Это может быть изменение каких-либо факторов геологических процессов или условий их протекания. Например, изменение крутизны склона, нарушение почвенно-растительного покрова, изменение состава и сложения массивов горных пород и т.д. Источник воздействия - любой вид инженерной или хозяйственной деятельности человека. Здесь следует отметить, что, несмотря на то, что можно рассматривать отдельные виды или источники воздействия, например, автодорогу, здание, плотину, промышленное предприятие и так далее, геологическая среда испытывает комплексное воздействие от всех источников, сосредоточенных на данных территориях.

Это, с одной стороны, обусловлено тем, что, как правило, один вид хозяйственного освоения территории влечет за собой целый ряд сопутствующих - инфраструктуры. Например, сооружение промышленного предприятия предупреждает создание сети дорог, трубопроводов и других коммуникаций, автотранспортных предприятий, жилых поселков, объектов хозяйственно-бытового назначения и т.п. Помимо непосредственного влияния они обуславливают и развитие таких своеобразных воздействий, "вытаптывание" прилегающих территорий, твердые бытовые отходы, промышленные отходы, сведение растительности и почвенного слоя; с другой стороны, этот результат совместного воздействия нескольких источников может значительно превосходить сумму результатов их одиночных проявлений (в биологии и

медицине это свойство систем - это отражается понятием синергизм, в системном анализе - эмерджентность).

По данным экспедиции Международного независимого эколого-политологического университета (1996, с.315) в Восточных Хибинах в результате процессов на сформированной подработанной территории, возникли глубокие просадки над подземными горными выработками. Вследствие этого началось образование техногенного селевого очага. Вначале обнажившиеся после просадок коренные породы подверглись активному выветриванию и создали “запасы” большого количества мелкообломочного материала в верхних частях склонов. Эти продукты выветривания и собственно выветрелые породы “поступили” в распоряжение таких геологических процессов как суффозия и эрозия, которые постепенно выколачивают склоны. В результате совместного действия этих двух факторов создаются условия для аккумуляции обломочного материала и создания “маршрута” для его перемещения вниз по склону. Создается предпосылка для формирования снежочка селей - быстрого движения вниз по склону большой массы переувлажненного мелкообломочного материала перемешанного со снегом. Проявление эмерджентности в развитии ландшафта приводит здесь к изменению характера его развития с относительно спокойного на бурный, связанный с катастрофическими процессами, приводящими к значительно более быстрому разрушению склона.

Интенсивность воздействия зависит от его источника и может изменяться в ощутимых пределах, от незначительных, следы которых бесследно исчезают в течение нескольких дней или даже часов, до глобальных, пронизывающих всю планету. Примером последних могут служить мощные ядерные взрывы, вызывающие колебания горных пород (сейсмические волны) несколько раз проходящие сквозь всю Землю и отражающиеся от ее внутренних сфер. Сила таких воздействий сопоставима даже с некоторыми эндогенными процессами, такими, как извержения вулканов и землетрясения. Так, взрыв наиболее мощного термоядерного устройства соответствовал приблизительно 50 мегатоннам тротилового эквивалента. Это “удельная” или “мгновенная” мощность “непосредственного” вулкана, т.е. мощность этого вулканического взрыва, если принять все вулканические извержения как серию такого рода взрывов. В целом это очень похоже, например, на извержение вулкана Исалько в Центральной Америке, действующего с 1770 года. Для сравнения при извержении вулкана Кракатау (1883 г.) в Зондском проливе выброс пепла достиг высоты в 80 км, а звук взрыва был слышен на расстоянии в 5000 км; образовавшиеся же волны цунами имели высоту до 30 м. В истории Земли были столкновения с космическими телами, оставившие кратеры-воронки диаметром в десятки километров.

Реакция геологической среды - процесс возвращения техногенно измененной структуры геодинамического комплекса в равновесное состояние. При этом, в случае относительно слабых воздействий, структура геодинамического комплекса может вернуться в исходное состояние, подобно тому, как исчезает в прибое след, оставленный в мокром песке. Такое воздействие можно считать обратимым.

Для уравнивания более значительных техногенных нарушений геодинамический комплекс вынужден изменить свою структуру на большую или меньшую глубину. В этом случае формируется новый природно-техногенный или техногенно измененный геодинамический комплекс. Это необратимый процесс или необратимое воздействие. Его подтверждением могут служить, например, широко распространенные процессы термоэрозии, которые обычно развиваются до тех пор пока не охватят те структурные уровни массива выветривающихся вечномерзлых пород, в пределах которых произведенные изменения могут быть уравновешены.

Строго говоря, обратимость изменения структуры системы - понятие относительное. Обратимо или необратимо изменение, зависит от структурного уровня, с позиций которого производится рассмотрение. Так, естественное или техногенное понижение рельефа со временем заполняется сносимым в него рыхлым материалом. При этом рельеф может полностью восстановиться. Так, что на уровне ландшафта это изменение можно считать обратимым. Если же мы рассмотрим реакцию геологической среды в этом примере с позиций более низкого уровня - взаимного расположения частиц породы или ее текстуры, то увидим, что после заполнения понижения полностью изменяется первоначальное сложение частиц: исчезает слоистость и другие признаки сортировки материала, нарушаются структурные связи между частицами породы. Текстурные изменения, как известно, служат причиной изменения свойств рыхлых отложений, в частности таких важных для строительной практики и



естественной устойчивости склонов, как прочность, деформируемость, просадочность и др. Очевидно, что эти изменения необратимы и они, несмотря на локальность проявления, вызывают сложности при строительном использовании грунтов, вследствие того, что, во-первых, они носят скрытый характер и трудно различимы с поверхности, а во-вторых, при опирании сооружения на неоднородное основание возможно его деформирование вплоть до разрушения.

Однако при дальнейшем развитии ландшафта или геодинамического комплекса все рыхлые отложения могут подвергнуться транспортировке речными потоками или другими процессами, что может уничтожить техногенные изменения в массиве. Таким образом, оценка обратимости воздействия зависит и от продолжительности временного интервала, на протяжении которого происходит рассмотрение реакции геологической среды.

Область приложения воздействия - воздействие может быть оказано на один или несколько факторов развития геодинамического комплекса на территории, охватывающей большее или меньшее количество его компонентов - геологических процессов. Воздействия могут быть подразделены на прямые, осуществляющиеся непосредственно между человеком и компонентом литосферы и косвенные, осуществляющиеся через компоненты гидросферы, атмосферы и биосферы.

По масштабу воздействия могут иметь локальный, региональный и глобальный уровни. Эта градация условна, выделяемые уровни не имеют абсолютно четких границ, но отражают результаты и время развития реакции на него. Очевидна прямая зависимость масштаба воздействия, глубины его проникновения в структурные уровни планеты, а, следовательно, времени и масштабы реакции. Примером глобальных взаимодействий может служить потепление климата планеты, обуславливающее изменение экзогенных факторов геологических процессов, а следовательно, и структуры всего экзогенного геодинамического комплекса - механизма развития приповерхностных зон планеты. Локальные и региональные воздействия охватывают большие или меньшие области Земли, но не имеют заметно проявления в масштабе всей планеты. Экспедиция МНЭПУ (1996 г.) приводит следующие иллюстрирующие примеры: уничтожение растительности на небольших территориях, даже в условиях весьма ранимых зон Приполярного Урала, например, при рубках узких просек для геодезических работ, могут "зарастить" и исчезнуть бесследно за несколько лет или по крайней мере за пару десятилетий. В том случае, как это случилось в Национальном парке "Югыд ва" в Приполярном Урале, уничтожение растительности на значительных площадях при разработке прирусловых россыпных месторождений золота, активизирует самоподдерживающиеся разрушительные в целом геологические процессы изменений в развитии геодинамического комплекса, это процессы курумообразования, термоэрозии, суффозии, солифлюкции. В этом случае, в результате перестройки структуры геодинамической системы, может начаться устойчивая деградация существующего природного комплекса, охватывающая значительные площади и приводящая к формированию нового (вторичного) ландшафта. Процесс установления воздействия может затянуться на сотни и даже тысячи лет. В целом же на описываемой территории на обширных полигонах не только уничтожен почвенный субстрат, но и созданы условия для его восстановления за счет сноса из вышележащих по течению рек мелкозема и органики. Это все ведет к дальнейшему самопроизвольному расширению нарушенных площадей, т.е. к устойчивой деградации всего природного комплекса и формированию "промышленной пустыни" или "лунного пейзажа" за счет беспорядочной эксплуатации инфраструктуры приисков - дорогами, поселками, вырубками и базами. А реакция геологической среды распространяется здесь далеко за пределы полигонов: вымываемый в русло рек мелкозем (отходы при промывке золота) формирует донные отложения, которые перекрывают кладки икры ценных промысловых рыб. В результате нарушается их репродукция, что уже является экологическим и экономическим фактором в масштабах Печорского региона.

Время приложения воздействия - характеризует продолжительность его оказания. Можно выделить кратковременные воздействия, не превышающие несколько лет, длительные, сопоставимые с временем жизни человека и сроком реального планирования тех или иных хозяйственных проектов, а также постоянные, которые в прогнозируемом отрезке будущего времени могут быть приняты как постоянные. Это также достаточно условные градации и отражают масштабность, время проявления и глубину развития реакции на него. Примером кратковременных воздействий могут служить геологические изыскательские и поисковые работы, сейсморазведочные взрывы, разработка карьеров местных строительных материалов. Обычно после завершения этих работ, длящихся от нескольких месяцев до

нескольких (2-3 лет), т.е. снятия воздействия, конечно, при учете интенсивности, масштаба и обратимости реакции геологической среды возможно восстановление исходных условий или изменению структуры геодинамического комплекса.

Эти воздействия носят характер периодических и непериодических (однократных). Период также имеет значение, если период короткий, то реакция среды на них не успевает достичь полной стабилизации до следующего воздействия. Длиннопериодные воздействия характеризуются тем, что реакция среды на которые достигает полной стабилизации до появления следующего цикла. Примером длительного воздействия может служить разработка месторождений полезных ископаемых, причем принципиально безразлично, что подлежит добыче, более важным является объем месторождения. Однако как бы не были велики запасы полезного ископаемого, они через несколько даже десятков лет заканчиваются и воздействие снимается. Как правило, вокруг месторождений особенно крупных создается хорошо развитая инфраструктура и обычно промышленность бывшего рудника или карьера переориентируется и воздействие возобновляется, но уже в измененном виде. Новое воздействие оказывается уже на уже измененный природно-техногенный геодинамический комплекс, который может быть в стабилизированном или еще в неустановившемся состоянии.

Примером, наиболее ярко показывающем постоянные воздействия, является градостроительство, которое обычно прогнозируется как непрекращающееся. Развитие городов происходит разными темпами и во многом обусловлено социально-экономическими причинами, хотя географические и климатические факторы имеют серьезное значение. Некоторые города существуют на протяжении многих веков, а отдельные из них вырастают до огромных размеров, превращаясь в мегаполисы. Надо отметить, что наряду с колоссальным ростом численности населения Земли, тенденция к повсеместной урбанизации представляют собой факторы, существенно усугубляющие развитие глобального экологического кризиса. Россия является высокоурбанизированной страной - примерно до 70% нашего населения живет в городах. Характерная черта воздействия градостроительства - постоянный рост всех рассмотренных параметров: интенсивности, области и времени приложения воздействия. Возрастает и область проявления реакции геологической среды. Причем глубина изменения последней такова, что в сформированном природно-техногенном геодинамическом комплексе преобладает уже техногенная составляющая. Многие города, особенно крупные, такие как Москва и их центральные, так называемые исторические центры (ядра) построены на техногенных (искусственных) грунтах, на так называемых культурных слоях, обладающих по сравнению с естественными рядом специфических свойств, таких, как значительная резко изменчивая неоднородность состава и свойств в плане и в разрезе, значительная изменчивость свойств во времени, активные геохимические процессы и т.п. Гидрогеологические условия (динамика, химический состав, температура) в городских условиях существенно изменены вследствие откачек водозаборами, дренирования и водопонижения вокруг подземных сооружений (метрополитенов, подземных гаражей, шахт и т.п.), подтопления за счет водопотерь из водонесущих коммуникаций (подтоплено до 70% городов России); уменьшение областей питания за счет "закрытия" земной поверхности мостовыми, зданиями, другими инженерными объектами; изменения химического состава в результате питания дождевыми и талыми снеговыми водами, "промывающими" свалки, склады, дороги и прочие промышленные и хозяйственные объекты, поверхностными водами, загрязненными промышленными и бытовыми сбросами и загрязненными дождевыми и талыми снеговыми стоками; утечками из городских коммуникаций, а также под действием ряда других факторов. Это влечет за собой активизацию ряда специфических процессов, таких, как развитие карстово-суффозионных воронок, оврагообразование, оползневые процессы и некоторые другие, к сожалению, как правило, усложняющие инженерно-геологические условия и влекущие деградацию всех компонентов природной среды.

Таким образом, развитие мегаполисов и сопутствующих им промышленных комплексов определяет необходимость создания человеком искусственной среды жизнеобитания, которая развивается под влиянием техногенеза (М.В.Козлов, 1997, с.302-321).

#### **Деградация почв.**

В тесной, точнее непосредственной связи и взаимодействии с приповерхностной частью литосферы находятся почвы. Значимость почв в функционировании экосистем нами была описана выше.

Экологические функции почв весьма изменчивы, а в целом почвы обладают высокой степенью динамичности свойств и состава, что делает эту важнейшую для биосферных процессов субстанцию чрезвычайно чувствительной (сенсильной) к влиянию хозяйственной деятельности человека. Изменения могут быть как позитивными, так и негативными вплоть до полной утраты тех или иных функций при деградации почв или полного ее уничтожения. Деградация почв в общем-то всегда сопровождала сельскохозяйственную деятельность человека, иными словами, "благодатное возделыванием почвы всегда разрушало эту данную природой благодать". Еще больший вред почвам наносила индустриальная деятельность человека, которая почти всегда просто-напросто уничтожает почвы. Общая площадь разрушенных и деградированных за всю историю человечества почв составляет 20 млн км<sup>2</sup>, что значительно превышает всю пахотную площадь современного мира - 15 млн км<sup>2</sup> (Розанов Б.Г., 1977). Деградация почв проявляется в разных формах. По данным глобального экофорума в Рио-де-Жанейро (1992 г.) распределение площадей деградационных почв следующее: крайняя степень деградации - 1%, сильная - 15%; умеренная - 46%; легкая - 38%. Соотношение наиболее распространенных видов деградации почв выглядит следующим образом: водная эрозия - 56%; ветровая эрозия - 28%; химическая деградация - 12%; физическая деградация - 1%.

*Эрозия почв* - обычно определяется как разрушение почв временными водными потоками и ветром, т.е. собственно водная и ветровая (дефляция) эрозия.

Различают три вида водной эрозии: дождевая, эрозия при снеготаянии и ирригационная (возникающая при поливе).

Эрозия почв при снеготаянии отличается небольшой интенсивностью, но значительной продолжительностью - потери почвы при снеготаянии обычно не превышает нескольких тонн и гектара.

Продолжительность дождевой эрозии невелика (минуты или часы), но интенсивность выше - количество смываемой почвы достигает десятков тонн с гектара.

Ирригационная эрозия изменяет свою "агрессивность" в зависимости от способа полива: наибольший смыв происходит при поливе по бороздам; меньший - при поливе по полосам; при дождевании эрозия возникает очень редко, только при авариях; и при капельном орошении водная эрозия почв не проявляется никогда.

Ветровая эрозия (дефляция) бывает повседневной и виде пыльных бурь. Повседневная эрозия бывает вызвана постоянными не очень сильными ветрами и поэтому пространственно ограничена. Практически все пахотные почвы подвержены этой эрозии. К сожалению, классическим примером стала эрозия распаханых почв целинных и залежных земель в Северном Казахстане в середине 50-х годов XX века, когда было разрушено несколько сотен тысяч га плодородных земель. Пыльные бури возникают при больших скоростях ветра, который поднимает почвенные частицы на высоту нескольких сотен метров и переносит их на значительные расстояния (до сотен и тысяч км).

Ускоренная эрозия, когда процесс почвообразования запаздывает по отношению к эрозии почти всегда сопровождает хозяйственную деятельность человека и не обязательно она связана с агрономическими работами, чаще при строительных, планировочных и горнодобывающих процессах.

Эрозия почв имеет серьезное негативное влияние не только на экономические параметры, но и на экологическую составляющую: снижение плодородия почв влечет за собой уничтожение развития растительности и последующих трофических уровней; сносимая почва заливает водоемы, создает запыленность воздуха; поверхностный сток в конечном итоге, это ни что иное как потерянная влага, которая не впиталась в почву и не будет использована растениями. С поверхностным стоком с полей выносятся удобрения и пестициды, что активно загрязняет природные воды.

Физическая деградация почв выражается прежде всего в ее активном переувлажнении, в разрушении макроструктуры и возникает она при пастбищном скотоводстве, при использовании при пахоте тяжелой техники, но еще более активно при строительных работах и не столько под самими будущими сооружениями, сколько под строительной инфраструктурой: дорогами, бытовками, складами материалов и конструкциями и т.д. Процесс дегумификации почв - это потери почвами гумуса за счет его некомпенсируемой минерализации или удаления гумусированного слоя или его части эрозионными процессами - известен весьма давно, но значимость его начала оценивается лишь в последнее время. В целом дегумификация связана с изменением биогеохимического цикла углерода за счет уничтожения естественной растительности на пахотных землях, застраиваемых территориях или других отчуждаемых

участках земли при их хозяйственном освоении. Обычно в течение первых лет после распашки запас гумуса в почве снижается на 25-50% от исходного. Следует правда сказать, что в условиях научно-обоснованной агротехники возможно даже увеличение плодородия почв, но, количественно таких земель достаточно мало.

Специально проведенные исследования показали, что в почвах черноземной зоны России запасы гумуса за 100 лет уменьшились в среднем на 25-30%. Ориентировочно потери гумуса на пашнях колеблются в пределах от 1,5 до 8 т/га в год.

Потеря гумуса обуславливает снижение водо- и воздухоемкости, ухудшение структуры почв, снижение запаса биогенов. Дегумификация почв, минерализация гумуса играют значительную роль в повышении концентрации диоксида углерода в атмосфере. Вероятная прибавка запасов диоксида углерода в атмосфере за счет дегумификации почв составляет 1000 млрд т, что является весьма существенным для формирования "парникового эффекта".

Потеря органического вещества происходит и при мелиорации торфяных почв и в ежегодном выражении это составляет 6-7 т/га с пашни и 36 т/га - с лугов и пастбищ.

Орошение почв является мощным фактором воздействия на природные экосистемы. При достаточно ясных положительных результатах возникает ряд негативных экологических последствий:

- вторичное засоление почв, приводящие к снижению продуктивности земель либо к полной ее потере (ежегодно в мире теряются сотни тысяч га за счет бездренажного орошения, фильтрационных потерь из каналов, повышенной минерализации поливной воды);

- осолонцевание (проявление солонцовых свойств) и солитизация почв;

- образование растущих соляных водоемов в местах сброса дренажно-коллекторных вод;

- резкое ухудшение качества речных вод в результате сброса в них дренажно-коллекторных вод;

- засоление и деградация ландшафтов в низовьях рек вследствие большого водозабора в верховьях;

- загрязнение поверхностных и подземных вод избытком солей, минеральных удобрений (в т.ч. нитратами), пестицидов, ядохимикатов;

- дефицит водоснабжения, особенно питьевого, на больших территориях;

- загрязнение токсикантами местообитаний дикой фауны особенно перелетных водоплавающих птиц, ведущее к исчезновению видов;

- распространение болезней среди населения, как обитающего непосредственно среди орошаемых территорий, так и в местах сброса дренажного стока;

- загрязнение нитратами сельскохозяйственной продукции вследствие усиленного применения азотных удобрений на орошаемых полях;

- необратимые гидрологические и гидрогеологические изменения, в частности, исчерпание подземных водных ресурсов, местами сопровождающееся просадочными явлениями в грунтах;

- формирование неблагоприятных социально-экономических последствий.

Даже при орошении доброкачественными водами деградирует структура черноземов, появляется слитность почвенной массы, выносятся кальций, уменьшается количество гумуса и изменяется его состав, снижается воздухо- и водопроницаемость почв.

Промышленная эрозия почв в наибольшей степени проявляется в местах добычи полезных ископаемых и при строительстве. Добыча полезных ископаемых открытым способом, проходка строительных котлованов, траншей для коммуникаций, дорожное строительство, приводит не только к нарушению почвенного покрова, но и разрушает ландшафт в целом. При этом происходит перемещение, захоронение, уничтожение, загрязнение почв, нарушение гидрологического, гидрогеологического и гидрохимического режима, что влечет за собой изменение или разрушение биохимических циклов.

Главными источниками химического загрязнения почв служат: отходы сельскохозяйственного производства и переработки сельскохозяйственной продукции; отходы животноводства, особенно стойлового содержания животных; минеральные удобрения; отходы и продукты предприятий добычи и переработки нефти и газа; атмосферные выпадения в районах действия промышленных предприятий (особенно химических, металлургических, микробиологических) и добычи полезных ископаемых, а также выбросы тепловых электростанций (в том числе кислотные выпадения); выбросы автотранспорта; химические вещества; твердые бытовые отходы; сточные воды; детергенты и химические удобрения.

По данным А.Н.Тетиора (1992) до 4-5 тысяч т ртути попадает в почву с пестицидами и промышленными отходами. Из каждой тонны добытого свинца примерно 25 кг попадает в почву. Вблизи автодорог на расстоянии до 200 м содержание свинца в 30 раз превышает ПДК. На перекрестках улиц содержание свинца в 300 раз больше фонового.

Промышленные предприятия «поставляют» в почву цианиды, арсениды, фенолы, бензолы за счет нахождения своих отходов в хвостохранилищах, шламохранилищах и накопителях жидких технологических стоков.

Аккумуляции поступающих в почву химических загрязнителей способствуют особенности гранулометрического состава почв, высокое содержание гумуса и карбонатов, нейтральность по pH, высокие емкости катионного обмена, склонность к хемосорбции ионов.

Выделяют две группы техногенных загрязнителей почв:

- педохимически активные техногенные вещества, способные влиять на кислотно-основные и окислительно-восстановительные условия в почвах. К ним относятся минеральные кислоты, щелочи, карбонаты, сероводород, метан;

- биохимически активные техногенные вещества, действующие непосредственно на живые организмы; токсические микроэлементы, пестициды и др.

Воздействие последних зависит от их доступности растениям и подвижности в почвах. Значительный вред почвам наносят кислотные осадки (выпадения) нерациональные поливы и сточные воды.

Одной из форм химического загрязнения почв является аккумуляция в них тяжелых металлов, поступающих с промышленными и транспортными выбросами. Набор этих элементов весьма велик: наиболее же распространенными являются ртуть, свинец, кадмий, медь, никель и некоторые другие. Металлы-токсиканты, поступая в почву, вступают в различные химические реакции, сорбируются органическим веществом, глинистыми минералами. Из почвы они поступают в грунтовые воды, поглощаются растениями и начинают движение по трофическим цепям со всеми вытекающими из этого последствиями.

При добыче нефти и газа, помимо механического нарушения почв, последние загрязняются сырой нефтью, пластовыми водами, поступающими из скважин. В качестве загрязнителей выступают также буровые растворы, химические реагенты, принимаемые в нефтедобыче. При разработке газовых месторождений газовые потоки меняют состав почвенного воздуха и стимулируют эмиссию газообразных углеводородов в атмосферу. Весьма распространенным является нефтехимическое загрязнение почв на автозаправочных станциях, базах горюче - смазочных материалов, при транспорте и особенно авариях с разливом нефтепродуктов. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами ухудшает их физические свойства, ингибирует биологическую активность, обуславливает накопление в почве токсичных, в том числе канцерогенных соединений.

В загрязнении почв и природных вод существенную роль играют минеральные удобрения. На полях при существующих агротехнологиях теряется от 30 до 50% вносимых минеральных удобрений. Выносимые с внутрпочвенными водами и поверхностным стоком нитраты загрязняют водные соединения азота способствуют развитию «парникового эффекта» и создает угрозу озоновому экрану. Снос фосфорных удобрений с полей является главной причиной загрязнения водоемов фосфатами, вызывая эвтрофикацию озер, рек, водохранилищ.

Среди загрязнителей, которые воздействуют на почвы и возникают при строительных процессах в первую очередь следует выделить сыпучие строительные материалы. Эти материалы, будучи складированными в открытом виде на стройплощадках, на пунктах перегрузки и при транспорте подвергаются ветровому выдуванию и разному, а также действию атмосферных осадков. Под влиянием этих транспортирующих факторов они перемещаются на поверхность почвы и в зависимости на поверхность почвы и в зависимости от своего состава могут оказать значительное отрицательное влияние на структуру, состав и свойства почв. Самое негативное воздействие имеют строительные вяжущие вещества: цемент, известь, строительный гипс, крошка асбеста и другие. Но самое значительное количество выбросов цементной и другой «строительной» пыли образуется при производстве цемента, достаточно упомянуть такие города как Новороссийск, Вольск и др. В определенной степени к числу загрязнителей почв можно отнести и строительный мусор, который в существенных объемах образуется

при строительных работах и обычно просто разбрасывается по ближайшей территории, либо в лучшем случае захоранивается вблизи стройплощадки. Еще большее количество строительных отходов образуется при разборке старых строений, ремонте и реконструкции зданий и сооружений. До последнего времени особого внимания загрязнению почв строительными отходами не уделяется. Определенное внимание следует уделить загрязнению почв вынутым из котлованов грунтом при его временном складировании близ стройплощадки или при перемещении в другие полезные насыпи. Как правило, специального контроля за экологическим состоянием грунтов при их укладке в насыпи не производится, что при использовании загрязненных грунтов может привести к образованию новых зон экологического загрязнения.

Одним из самых серьезных загрязнителей почв последнего времени являются отходы производства и потребления. Их колоссальные объемы, которые только на весьма малую часть утилизируются, да и во многом не полностью, скапливаются как на организованных полигонах хранения, так и на "полуночных" свалках. Твердые бытовые отходы, не говоря уже о токсичных, да и нетоксичных промышленных отходах подвергаются выдуванию, промачиванию атмосферными осадками на пунктах первичного сбора, сортировки, при транспорте и захоронении и образовавшиеся загрязненные фильтраты в первую очередь попадают на почвенный покров и далее с водой в растения и следующие трофические уровни. Мусоросжигание к сожалению в рамках действующих технологий выбрасывает в атмосферу ряд химических соединений, из которых, такие как диоксины весьма опасны. Эти выбросы выпадают на почвы вместе с атмосферными осадками со всеми вытекающими последствиями.

При рассмотрении негативных воздействий на почвы и их загрязнение нельзя обойти внимание факт интенсивного засоления почв в рамках городских территорий при решении проблем снегоудаления с транспортных и пешеходных магистралей. Естественно эта проблема касается только крупных городов, расположенных в географо-климатических зонах, где достаточно велики снежные осадки и существенен период времени года с отрицательными температурами. Применение различных хлорсодержащих реагентов "а ргог" имеет отрицательный экологический эффект, который прежде всего сказывается на почвах, так как загрязненный снег (и не только солями, а даже песком и дресвой) при уборке с улиц и дорог попадает на их обочины, где при снеготаянии в концентрированном виде разрушает структуру почв, дегумифицирует их, а образовавшиеся соединения с почвенной влагой впитываются растениями и попадают в трофические цепи. Надо отметить, что прежде всего страдает травянистая растительность и во многих городах травы под деревьями даже в парках нет, если, конечно, она ежегодно не подсеивается и не культивируется специально.

Подводя итог далеко неполного рассмотрения нарушения экологических функций почвы следует еще раз подчеркнуть следующие обстоятельства. Почва является одним из наиболее консервативных компонентов биосферы. Под влиянием внешних воздействий она изменяется медленнее других частей биосферы, и эти изменения не всегда могут быть легко замечены. Однако и восстановление почв идет столь же медленно, поэтому многие последствия их негативных изменений могут быть ликвидированы лишь за десятки, сотни и тысячи лет, а некоторые из них вообще являются необратимыми. Это определяет одну из главенствующих ролей почвы в формировании экологической ситуации на Земле в целом и в отдельных ее частях, и необходимость учета всех, весьма далеко идущих последствий нарушения экологических функций почвы. Это имеет и одну важную отчасти утилитарную деталь, для выживания растущего человечества и обеспечения его пищей немаловажным является не снижение плодородия почвы или обеднение почвенных ресурсов биосферы, а наоборот создание условий для наращивания этих ресурсов, что принципиально даже при имеющихся научно-технических достижениях возможно. (Владыченский А.С. М., 1997 с.198-208).

#### **Некоторые экологические проблемы сельского хозяйства.**

В значительной степени экологические проблемы характерные для почв имеют отношение к аэроэкологии. Эта отрасль экологической науки рассматривает закономерности влияния сельскохозяйственного производства на экологическое состояние окружающей среды, законы, правила и принципы земледелия и агропочвоведения.

Практическая значимость решения агроэкологических проблем заключается прежде всего в повышении биопродуктивности агрофитоценозов и сохранения при этом устойчивости природных и антропогенных экосистем.

Сущность экологических противоречий в сельскохозяйственном производстве состоит в следующем:

- массовое вовлечение в активный сельскохозяйственный оборот земель в сухостепной и полупустынной зонах привело к развитию загрязнений, снижению влажности (“обсыханию почв”), дегумификации, антропогенной аридизации;
- расширение посевов зерновых в связи с большой долей пара (времени без посевов) привело к усилению нагрузки на пастбищах и последующей их дегрессии на значительных площадях;
- искусственное смещение границы рискованного замедления в южном направлении резко ухудшило условия для местного животноводства, усилило контрастность почвенных условий;
- нерациональная по масштабам распашка солонцовых, засоленных, различных литогенных и других неблагоприятных для земледелия почв привела к их, часто необратимым, изменениям;
- экстенсивное орошение и осушение в “погоне за освоением” площадей способствовало их заболачиванию, осолонцеванию;
- создание крупных животноводческих комплексов усугубило проблему утилизации отходов животноводства; в ряде случаев навоз из отличного удобрения превратился в источник активного загрязнения;
- при усилении интенсификации производства в большей степени стали проявляться негативные последствия отсутствия полноценной научной базы по расчету равновесий в системе: “почва-растение-среда”, по моделированию процессов и прогнозу эволюции почв при их сельскохозяйственном использовании.

В значительной степени экологические издержки экстенсивного земледелия связаны с несовершенством структуры посевных площадей, нерациональным размещением возделываемых культур, с шаблонной организацией территории и севооборотов, с технической отсталостью, с нарушающим воздействием на почвы тяжелой техники, с неграмотным применением удобрений и так называемых мелиорантов (“улучшителей свойств почв”).

Существует разработанный и достаточно научно-обоснованный подход к экологическому нормированию сельскохозяйственных угодий, который выделяет аналогичные природным их градации:

- относительное экологическое благополучие, когда состояние компонентов системы обеспечивает традиционные формы хозяйствования без ущерба для природы и здоровья человека;
- экологический риск способствует такому нарушению экологического равновесия, когда наблюдается достоверное изменение свойств комплексов агрофитоценозов, приводящее к негативным для природы и человека последствиям;
- экологический кризис соответствует такому нарушению экологического равновесия, когда изменение свойств агроценоза представляет вред для ведения хозяйства и здоровья;
- экологическое бедствие характеризует негативные изменения, приводящие к тяжелым последствиям, для устранения которых требуется сложная специально разработанная система мероприятий;
- экологическая катастрофа характеризует негативные изменения, приводящие к невозможности ведения хозяйства и проживания людей.

К числу наиболее научно-проработанных направлений по “экологическому использованию” сельскохозяйственных угодий относится мелиорация. Под мелиорацией в рассматриваемом аспекте понимается проектируемое изменение естественных и изначальных функций ландшафтов для оптимизации условий жизни населения в регионе, рационального использования его ресурсов. Надо отметить, что в целом это наиболее технически разработанное и научно обоснованное интенсивное средство управления функционированием агроландшафтов, увеличения их природно-ресурсного потенциала, повышения надежности, устойчивости, эстетичности.

В настоящее время “потребительского давления” населения Земли в 6 млрд человек, индустриальное потребление природных ресурсов (воздуха, воды, почвы, ископаемого топлива, других полезных ископаемых и т.п.) становится критическим по отношению к способности саморегуляции природы. В случае превышения потребителем давлением этой нормы должно начаться прогрессирующее разрушение природных экосистем и всей биосферы в целом. Определенное значение в

данном аспекте имеет рассмотренные выше проблемы деградации почв, а также деградация ландшафтов.

В случае сельскохозяйственного освоения территорий возникают нижеследующие тенденции к деградации ландшафтов:

- упрощение пространственной структуры, разрушение геохимических барьеров, нарушение природных циклов химических элементов, высвобождение или накопление токсичных веществ;
- разрушение функциональных связей в ландшафте, проявляющееся в перераспределении жидкого и увеличении твердого стока, соответственно уменьшение самоочищающей способности ландшафта, увеличение активности денудационных процессов;
- появление новых, антропогенных элементов (в том числе неуправляемых).

Большинство агроэкологических проблем имеет интернациональный характер. В частности, это обусловлено миграцией удобрений, мелиорантов, тяжелых металлов, ядохимикатов как по рекам, так и при транспорте сельскохозяйственной продукции, а также выделением в воздушную среду из сельскохозяйственных угодий углекислого газа, “недоокисленных” соединений азота, сероводорода, аммиака, метана, ацетилена и др.

В целом можно говорить об экологической ответственности сельскохозяйственного производства, причем в глобальном масштабе. Н.Ф.Реймерс (1987) отмечает, что интегральными результатами деятельности человечества, передаваемыми из одного поколения к другому, являются демографический, культурный и научно-технический потенциал, бытовое обеспечение, состояние среды существования. Ухудшение любого из этих результатов по сравнению с его состоянием при получении от предшествующего поколения означает ухудшение условий существования человечества и при долговременной тенденции к его ликвидации.

Сельскохозяйственное использование изменяет биопродуктивность системы, а следовательно, и накопление в ней энергии. Процессы деградации почв и ландшафтов чаще соответствуют увеличению энтропии или мере беспорядка системы, а также уменьшению ее долговечности. Развитие почв определяется трансформацией и миграцией не только вещества, но также энергии и информации. Необходимым условием является ограничение максимальной продуктивности агроценозов в связи с техногенной нагрузкой, токсичными по составу и величине потоками вещества и энергии, предельный допустимый уровень которых обусловлен “буферными” свойствами почв и ландшафтов. Вследствие этого нельзя создавать почву с высоким фоном элементов питания, но загрязняющую грунтовые воды, воздух, сельскохозяйственную продукцию. Избыток каких-либо элементов в почве, уменьшение степени разнообразия экологических ниш приводит и к уменьшению степени самоорганизации системы, что в дальнейшем требует и гораздо большей энергии для ее оптимизации.

В агрофитоценозах, в отличие от природных естественных сообществ, нарушаются взаимосвязи, они испытывают постоянную антропогенную нагрузку. Для их регулирования существуют определенные “земледельческие” закономерности, например, следующие: незаменимости и равнозначности факторов жизни растений, закона оптимального развития и комплексного воздействия и оптимального состояния факторов; закон лимитирующих факторов; закон необходимости возврата в почву питательных веществ; закон соответствия растительного сообщества своему местообитанию и необходимости соблюдения правильного чередования сельскохозяйственных культур во времени и пространстве.

Чем разнообразнее видовой состав фитоценоза, тем он более жизнеспособен и связан со средой обитания и в том числе с почвой (Савич В.И., М. с.209-216).



Таблица

Оценка эрозии верхнего слоя почвы на пахотных землях  
отдельных стран и всего мира  
(Л.Браун и др., 1989 с изменениями автора)

Страна	Общая площадь пахотных земель (млн акров)	Невосполнимые потери почвы (млн т)
США	413	1500
бывший СССР	620	2300
Индия	346	4700
Китай	245	3300
Итого	1624	11800
Остальные страны мира	1499	10900
Всего	3123	22700

Таблица

Расчетный смыв на пахотных землях,  
подверженных эрозии т/га  
(по М.Ю.Белоцерковскому и др. 1990 с изменениями автора)

Регион	Смыв на пашке	Регион	Смыв на пашке
Мурманская область	2,6	Самарская область	2,3
Архангельская область	4,9	Волгоградская область	1,7
Карелия	2,6	Астраханская область	0,3
Коми-республика	6,9	Калмыкия	2,3
Псковская область	5,8		
Московская область	7,7		
Ставрополье	10,0		
Краснодарский край	5,4		
Ростовская область			

## Глава 16. Загрязнение атмосферы

Атмосферный воздух представляет собой один из важнейших жизнеобеспечивающих природных компонентов на Земле и представляет собой смесь газов и аэрозолей приземной части атмосферы, сложившуюся в ходе эволюции планеты, деятельности человека и находящийся вне пределов жилых, производственных и иных помещений. Последние полученные обобщения подтвердили чрезвычайную значимость атмосферы в функционировании биосферы и высокую ее чувствительность к различного рода загрязнениям. Именно загрязнения приземного слоя атмосферы - это самый мощный, постоянно действующий фактор воздействия на растения, животных, микроорганизмы; на все трофические цепи и уровни; на качество жизни человека; на устойчивое функционирование экосистем и биосферы в целом. Атмосферный воздух имеет неограниченную емкость и играет роль наиболее подвижного, химически агрессивного и всепроникающего агента взаимодействия вблизи поверхности Земли компонентов биосферы, гидросферы и литосферы.

Загрязнение атмосферы - это привнесение в атмосферу или образование в ней физико-химических соединений, агентов или веществ, обусловленное как природными, так и антропогенными факторами. Естественными источниками загрязнений атмосферного воздуха служат прежде всего вулканические выбросы, лесные и степные пожары, пыльные бури, дефляция, морские штормы и тайфуны. Эти факторы не угрожают отрицательными последствиями природным экосистемам, за исключением широкомасштабных катастрофических природных явлений. Выше мы уже приводили пример с извержением вулкана Кракатау в 1883 году, тогда в атмосферу было выброшено 18 км<sup>3</sup> тонко измельченного теплового материала; в 1912 году произошло извержение вулкана Катмай на Аляске, при котором было выброшено 20 км<sup>3</sup> рыхлых продуктов. Пепел этих извержений распространился на большую часть поверхности Земли и вызвал уменьшение притока солнечной радиации на 10% и 20%, что привело к понижению среднегодовой температуры на 0,5°С в северном полушарии на протяжении трех лет после извержений.

Аналогичные последствия имело извержение вулкана Пинатубо (Филиппины) в 1991 году, которое сопровождалось выбросом в атмосферу 20 млн т диоксида серы. Специальными исследованиями установлено, что поступление загрязняющих веществ с глубинными флюидами в приземный слой атмосферы имеет место не только в областях современной вулканической и газотермальной деятельности, но и в таких стабильных геологических структурах, как Русская платформа. Так в снеговых выпадениях многих районов Европейской России выявлены аномально высокие концентрации фтора, лития, сурьмы, мышьяка, кадмия, ртути и ряда других тяжелых металлов, которые приурочены к узлам сочленения активных глубинных разломов и их природное происхождение является практически бесспорным. Есть основания полагать, что в воздушных бассейнах Москвы, Санкт-Петербурга также присутствует фтор, литий, ртуть и др. элементы поступающие из зон активных глубинных разломов. Этому способствуют глубокие депрессионные воронки, обусловившие уменьшение гидростатического давления и подток снизу газоносных вод, а также высокая степень нарушенности подземного пространства мегаполисов. Также источником запыленности атмосферы могут быть крупные лесные пожары; например, в 1915 году в Западной Сибири площадь лесных пожаров составила примерно 1,5 млн км<sup>2</sup>, а дым от них распространился на площади до 6 млн км<sup>2</sup>, - это также привело к значительному уменьшению притока солнечной радиации к земной поверхности, что в свою очередь вызвало запоздание созревания зерновых на 10-15 дней против обычных сроков.

Следует учитывать воздействие на атмосферу космических тел в виде комет, метеоритов, болидов и т.п.. Тунгусское событие 1908 года показывает, что оно может быть очень интенсивным и иметь глобальный характер.

Твердые аэрозоли могут поступать в атмосферу и за счет извержений грязевых вулканов. Интенсивность аэрозольных потоков Керченского потока не уступает классическим вулканом Камчатки. Результатом современной флюидной деятельности могут быть сложные соединения типа предельных и непредельных полициклических ароматических углеводородов, сульфитов карбонила, формальдегида, фенолов, цианидов, аминов. Метан и его гомологи зафиксированы в снеговом покрове над месторождениями углеводородов в Западной Сибири, Приуралье, на Украине. В урановой провинции Атабаска (Канада) по высоким концентрациям урана в хвое черной канадской ели была обнаружена

Уолластоунская биохимическая аномалия размером 3000 км<sup>2</sup>, связанная с поступлением в приземный слой атмосферы ураносодержащих газовых эманаций по глубинным разломам.

Довольно значительным бывает на первый взгляд безобидное загрязнение атмосферного воздуха морской водой в прибрежных к морям зонах при сильных штормах и тайфунах. Увлажненный морской водой воздух перемещается на берега и после испарения собственно воды происходит выпадение солей на почвенную поверхность и растительность, откуда они могут поступить в трофические цепи.

Значительное загрязнение атмосферы природного происхождения вызывается пыльными бурями, образование которых связано с переносом сильным ветром поднятых с земной поверхности больших количеств пыли или песка, частиц верхнего слоя пересушенной почвы, которые не закреплены корневой системой растений. Причинами их могут быть как природные способствующие факторы - засуха, суховей, так и чрезмерная распашка или пахота с отвальными плугами, чрезмерный выпас скота. Пыльные бури характерны в основном для сухих степей, полупустынь и пустынь. Так, в степях на Великих равнинах США в периоды засухи в 30-е годы XX столетия образовалась огромная, так называемая "пыльная чаша", очаг развития мощных пылевых выносов. Они возникли за счет совместного воздействия природных (высокие летние и низкие зимние температуры воздуха, низкая влажность) и антропогенных (неконтролируемое интенсивное распаивание земель) факторов, что сначала привело к катастрофической ветровой почвенной эрозии, мощнейшим пыльным бурям, а затем к опустыниванию, падению урожаев и разорению фермеров.

Антропогенное опустынивание в Приаралье привело к возникновению мощных очагов пыльных бурь, особенно в зоне бывшего северо-восточного побережья прежнего Аральского моря. Так в 1990 году по космическим снимкам общая масса переносимой пыли достигла 90 млн. т. Также мощные очаги пыльных бурь возникли на Черных землях в Калмыкии, где во время только одного выноса в воздух было поднято 1,5 млн. т пыли. На равнинах южнорусских степей довольно часто отмечались пыльные бури, причем наиболее сильные фиксировались в 1928, 1960, 1969 и 1984 г. Основное их количество приходится на весенне-летний сезон, но иногда они возникают и в зимнее время. По многочисленным данным за достаточно длительный период времени в районе г. Ростов на Дону число дней с пыльными бурями (в % к их общегодовому количеству) по сезонам года составило: для весны - 15, лета - 68, осени - 16 и для зимы 1%, - в марте-апреле 1960 г. в пределах Северного Кавказа и нижнего Дона бушевали разрушительной силы пыльные бури. Сильные ветры восточных румбов (25-40 м/с) поднимали с поверхности почвы и переносили огромное количество пыли на значительные расстояния. Сформировался своеобразный эолово-аккумулятивный рельеф: все отрицательные формы были засыпаны, а около препятствий появились барханы из пыли до 2-х метров высотой. В это время на акваторию Азовского моря поступило около 50 млн. т пыли. Каналы были засыпаны и полностью были уничтожены посевы сельскохозяйственных культур.

Весьма сильными были пыльные бури зимой 1969 г. в этом же регионе России. Были снесены от 2 до 8 см почвы и сформировались снежно-земляные валы шириной до 2,5 м и высотой до 2 м у всех лесополос, были уничтожены озимые в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях на площади более 1300 тысяч га.

Однако в последние десятилетия антропогенные загрязнения и воздействия на атмосферу стали преобладать над естественными как по частоте, так и по характеру, а главное по масштабу проявления, приобретая постепенно глобальный характер. Они могут описывать воздействие на атмосферу различным образом: непосредственно - на состояние атмосферы (нагревание, изменение влажности и др.), воздействие на физико-химические свойства атмосферы (изменение состава, увеличение концентрации диоксида углерода, аэрозолей, фреонов и пр.); воздействие на свойства подстилающей поверхности (изменение величины альбедо, на систему "океан - атмосфера" и др.) (Израэль, 1984). К основным источникам загрязнения по В.А.Вронскому, 1996 относят: промышленные предприятия, транспорт, теплоэнергетика, сельское хозяйство и др. (см.рис. ). Среди отраслей промышленности особо токсичные выбросы в атмосферу дают предприятия цветной металлургии, химической, нефтеперерабатывающей, черной металлургии, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, производства строительных материалов и др. В 90-е годы в мире сжигалось ежегодно свыше 10 млрд тонн условного топлива. Если принять ориентировочно, что при сжигании 1 кг топлива образуется около

10<sup>м³</sup> продуктов сгорания, то можно оценить общий выброс через дымовые трубы электро- и теплостанций и промышленных печей в атмосферу Земли: оно составлял около 10<sup>14</sup>м<sup>3</sup> или 10<sup>5</sup>км<sup>3</sup> продуктов сгорания в год. Велика негативная роль теплоэнергетики и автомобильного транспорта.

Тепловые электростанции являются источниками значительного спектра загрязнений; по А.Н.Тетиору (1992) после сжигания в течение 1 года 2,1 млрд т каменного и 0,8 млрд т бурого угля в атмосферу выбрасывается 225 тыс. т мышьяка (годовое производство в мире всего 40 тыс.т), 255 тыс. т германия (годовое производство - 100 т), 153 тыс. т кобальта (производится 1,3 тыс. т).

Предприятия черной металлургии выбрасывают пыль, газы - оксиды серы и металлов. При работе агломерационных фабрик в атмосферу поступают пыль и оксиды серы, предприятия химической промышленности загрязняют атмосферу диоксидом серы, фтористым водородом, хлором, оксидом азота. Заводы стройиндустрии выбрасывают пыль, фториды, диоксиды серы и азота. От нефтеперерабатывающих предприятий поступают углеводороды, сероводород, стирол, толуол, ацетон и многие другие газы (А.Н.Тетиор, 1992, с.22).

По агрегатному состоянию распределение доли вредных выбросов между отраслями промышленности в отдельных странах различное (табл.) все загрязняющие вещества подразделяются на твердые, жидкие и газообразные, из которых последние составляют 90% от всей массы выбросов в атмосферу. В ФРГ, например, промышленность формирует 87% суммарных выбросов сернистого газа, 80% пыли, 40% оксидов азота и т.д. В табл. приведено (по данным США) содержание количества веществ - основных загрязнителей атмосферы, выбрасываемых различными отраслями хозяйства.

На приведенных рисунках показаны различные источники выбросов и распределение выбросов вредных веществ на различных городах России. Значительная доля различных загрязнений по крупным городам мира связана с эксплуатацией автомобильного транспорта. Так, в атмосферный воздух Москвы ежегодно поступает 1290 тыс. т загрязняющих веществ, из них более 70% приходится на автотранспорт. В среднем на каждого жителя Москвы приходится по 120 кг загрязнителя в год. Есть приблизительные данные, приведенные А.Н.Тетиором (1992): один автомобиль (их на Земле около 220 млн. шт.) проходя в года около 15 тыс км, потребляет около 4 т кислорода, от 2 до 3 т топлива и выбрасывает в окружающую среду 3250 кг диоксида углерода, 530 кг оксида углерода, 27 кг оксида азота и 10 кг резиновой пыли. Пассажирский авиалайнер за один перелет через Атлантику сжигает более 35 т кислорода, который содержится в 120 тыс м<sup>3</sup> воздуха...

Загрязнение атмосферы, видимо наиболее опасная форма загрязнения окружающей среды, так как дыхание - основа жизни любого организма. Химические вещества, проникая в ткани растения нарушают обмен веществ, структуру листьев и побегов.

Так, на севере и востоке Франции ежегодно в результате загрязнения атмосферы погибает около 400 деревьев, 30 тыс. травянистых растений, 8 тыс. голов молодняка животных, 800 взрослых животных (диких и домашних). У птиц, гнез-

Таблица

Причины появления в атмосфере некоторых примесей  
и типичные их концентрации

Примесь	Причины появления	Типичная концентрация
Диоксид углерода $\text{CO}_2$	Разложение органического вещества, выделение океанами, сжигание топлива	320 млн <sup>-1</sup> во всей тропосфере
Диоксид углерода CO	Разложение органического вещества, промышленные процессы, сжигание топлива	0,05 млн <sup>-1</sup> в незагрязненном воздухе; 1-50 млн <sup>-1</sup> на городских магистралях
Метан $\text{CH}_4$	Разложение органического вещества, утечка природного газа, рисовые поля	1-2 млн <sup>-1</sup> во всей тропосфере
Монооксид азота NO	Электрические разряды, работа двигателей внутреннего сгорания, сжигание органического вещества, фотохимический смог	0,01 млн <sup>-1</sup> в незагрязненном воздухе; 0,2 млн <sup>-1</sup> в фотохимическом смоге
Озон $\text{O}_3$	Электрические разряды, диффузия из стратосферы, фотохимический смог	0-0,01 млн <sup>-1</sup> в незагрязненном воздухе; 0,5 млн <sup>-1</sup> в фотохимическом смоге
Диоксид серы $\text{SO}_2$	Вулканические газы, лесные пожары, бактериальная деятельность, выделение океанами, сжигание топлива, промышленные процессы (выплавка металлов из руд и т.п.)	0-0,01 млн <sup>-1</sup> в незагрязненном воздухе; 0,1-2 млн <sup>-1</sup> в загрязненной городской атмосфере

Таблица

Антропогенные загрязнители атмосферы и  
связанные с ними изменения (В.А.Вронский, 1996)

Антропогенные изменения в атмосфере	Основные газовые примеси в атмосферном воздухе							
	Монооксид углерода	Диоксид углерода	Метан	Монооксид и диоксид азота	Оксид азота	Диоксид серы	Фреоны	Озон
Парниковый эффект		⊗	⊗		⊗	⊙	⊗	⊗
Разрушение озона							⊗	
Кислородные осадки				⊗		⊗		
Фотихимический смог				⊗				⊗
Понижение прозрачности атмосферы				⊗		⊗		
Ослабление самоочищения атмосферы	⊗			⊙				⊙

⊗ - усиление эффекта

⊙ - снижение эффекта

дящихся вблизи индустриальных районов, интенсивность размножения снижается на 35%.

Сравнительно недавно появились данные по загрязнению атмосферы над территорией России в сравнении с глобальными выбросами и отдельными западноевропейскими странами (В.И.Данилов - Данильян, 1994). Так, в 1990 году в мире в атмосферу выбрасывалось более 400 млн т четырех главных загрязнителей (поллютантов) (таб. )

Как видно из этой таблицы, России отнюдь не главной "поставщик" загрязнителей в атмосферу: по диоксиду серы - 12%, а в США - 21 %; оксидам азота - 5,8%, а в США - 20%. Так же в России намного ниже, чем в США и Западной Европе, потоки загрязнителей на единицу площади и на одного жителя, в частности, по диоксиду серы на 1 км<sup>2</sup> в России приходится 0,7 т, в ФРГ - 10 т, и в Великобритании - 14, 5 т. Здесь следуют некоторые замечания: эти показатели существенно выше на единицу валового национального продукта, что говорит о высокой ресурсоемкости устаревших технологий, используемых в России, а также недостаточно широкое применение очистных установок и их низкой эффективности; за последние 10 лет в России существенно изменились структурные характеристики промышленности, снизились объемы промышленного производства и соответственно количество выбросов, но тем не менее прямой зависимости между этими фактами нет, так как значительной модернизации промышленных установок осуществлено не было; объемы выбросов в глобальном масштабе и в России в целом увеличились в последние годы.

В России составлен ранжированный перечень городов (на 1991 год) по количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников (табл. ). В нем приведен список первых двадцати городов с наибольшим загрязнением и далее - наиболее крупные города из 100 обследованных. Список возглавляется Норильском, где ежегодно промышленные предприятия выбрасывают

Таблица

Выбросы в атмосферу главных загрязнителей  
в мире (1990 г.) и в России (1991 г.)

Вещества, млн т	Диоксид серы	Оксиды азота	Оксиды углерода	Твердые частицы	Всего
Глобальный выброс	99	68	177	57	401
Россия (по стационарным источникам)	9,2	3,0	7,6	6,4	26,2
Россия (по всем источникам) %	12	5,8	5,6	12,2	13,2

Таблица

Содержание выбросов (в %) различными отраслями  
промышленности в развитых странах (на 1991 г.)

Отрасль	Страна				
	СССР	США	Япония	Франция	Мексика
Теплоэнергетика	29,0	17,0	20,0	25,0	30,0
Автотранспорт	14,0	55,0	35,0	23,0	45,0
Промышленность	51,0	23,0	40,0	47,0	15,0
Прочие	6,0	54,0	5,0	5,0	10,0

Таблица

Содержание основных загрязнителей

выбрасываемых в атмосферу (в %)

Источник загрязнения	Моноксид углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеродороды	Другие
Двигатель внутреннего сгорания	91,5	3,8	46,0	63,0	8,5
Промышленность	2,8	34,8	15,4	21,0	50,0
Электростанции	1,5	46,0	23,6	5,0	25,0
Различные топки и прочее	4,2	15,6	15,0	11,0	16,5
Всего	100	100	100	100	100

в атмосферу около 2,5 млн т вредных веществ, что составляет 8% всех выбросов в России. Далее закономерно следуют наиболее крупные промышленные центры (Магнитогорск, Череповец, Нижний Тагил и т.д.). Практически на десятом, точнее на одиннадцатом месте по выбросам загрязнителей в атмосферу занимает Москва (около 800 тыс. т).

Суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферу над территорией России в 1991 г. составил 53 млн т из них выбросы от стационарных источников - 32 и от автотранспорта - 21 млн. т. Для сравнения укажем, что в России в 1989 г. общие выбросы составили 57 млн. т, в США - 122 млн. т. (более современными данными автор не располагает). На европейскую часть России приходится основная часть (65%) выбросов как стационарных, так и нестационарных, и сосредоточены они главным образом в пределах бассейна Волги. При этом две трети загрязнений атмосферы от стационарных источников дают те промышленные и энергетические предприятия, где происходит сжигание ископаемого топлива. Контроль за загрязнением атмосферы выполняется в 334 городах и охватывает города с населением более 100 тыс. жителей и с крупными промышленными производствами.

Основные агенты воздействия атмосферы на гидросферу - атмосферные осадки в виде дождя и снега, в меньшей степени смога, тумана. Поверхностные и подземные воды суши имеют главным образом атмосферное питание и вследствие этого их химический состав зависит в основном от состояния атмосферы. По некоторым данным эколого-геохимического картирования талые (снеговые) воды Русской равнины по сравнению с поверхностными и подземными водами во многих районах заметно (в несколько раз) обогащены нитрит и аммоний-ионами, сурьмой, кадмием, ртутью, молибденом, цинком, реже свинцом, оловом, вольфрамом, бериллием, хромом, никелем, марганцем. Особенно явно это отмечено в сравнении с подземными водами. Аналогичные данные имеются и по Сибири, например, по бассейну реки Катунь.

Подсчет баланса количества тяжелых металлов в снеговом покрове показал, что основная часть их растворяется в снеговой воде, то есть находится в миграционно-подвижной форме, способной быстро проникнуть, в поверхностные и подземные воды, пищевые цепи и организм человека. В условиях Подмоскovie цинк, стронций, никель практически полностью растворены в снеговой воде.

Отрицательное влияние загрязненной атмосферы на почвенно-растительный покров связано как с выпадением кислотных атмосферных осадков, вымывающих кальций, гумус и микроэлементы из почв, так и с нарушением процессов фотосинтеза, приводящих к замедлению роста и гибели растений. Высокая чувствительность деревьев, особенно березы и дуба, выявлена достаточно давно. Совместное действие этих двух факторов ведет к существенному снижению плодородия почв и постепенному "обезлесиванию".

Кислотные или кислые осадки (дождь или снег, а иногда и туман) имеют pH менее 5,6. Выпадение кислотных осадков связано исключительно с антропогенным загрязнением атмосферы выбросами диоксида серы и оксидов азота (ежегодно объем мировых выбросов более 252 млн. тонн). От этого в различных регионах мира погибают леса на площади более 31 млн. га. Так, на территории Германии кислотными дождями повреждено около 35% площади лесных массивов отравлены, а в Канаде уже к сожалению погибли старейшие леса возрастом более 300 лет из



бальзамической ели. Кислотные осадки привели к ухудшению состояния и гибели горных лесов из красной ели в северных Аппалачах. Все это резко снизило прирост лесов и ухудшило естественное лесовозобновление. Аналогичная ситуация отмечена во многих районах России, особенно в крупнейших промышленных регионах. Значительно снижается по воздействию кислотных осадков урожайность некоторых сельскохозяйственных культур (хлопчатника, томатов, винограда, цитрусовых и др.) - в среднем на 20-30%.

Таблица

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников в городах России (данные 1991 года) (по И.А.Шеховцову, 1993)

Города	Выбросы (тыс. т/год)	Города	Выбросы (тыс. т/год)
Норильск	2486	Барнаул	143
Новокузнецк	674	Братск	142
Магнитогорск	666	Пермь	140
Череповец	548	Нижний Новгород	139
Липецк	511	Хабаровск	129
Нижний Тагил	469	Рязань	109
Омск	409	Саратов	97
Ангарск	376	Чита	90
Орск	365	Иркутск	86
Челябинск	341	Кемерово	84
Москва	298	Архангельск	81
Новочеркасск	252	Казань	80
Уфа	246	Томск	76
Новокуйбышевск	244	Владивосток	71
Мончегорск	221	Краснодар	55
Красноярск	271	Ростов-на-Дону	45
Новосибирск	204	Новороссийск	41
Никель	194	Тюмень	38
Волгоград	185	Пенза	33
Санкт-Петербург	181	Черкесск	31

От кислотных осадков особенно пострадали озера в Канаде, Норвегии, Швеции, Финляндии, США, в российской Карелии. Так в Швеции около 15000 озер повреждены воздушными загрязнителями, причем 1800 озер полностью утрачены признаки жизни. В Канаде закислены более 14000 озер, в Норвегии из 5000 обследованных озер в 1750 исчезла рыба. В Карельских озерах отмечено резкое сокращение запасов лососевых и сиговых рыб. В озерных экосистемах увеличение кислотности вод т.е. понижение рН, приводит к деградации не только популяций рыб, но и других гидробионтов. Можно описать следующую последовательность этого процесса по данным исследований шведских ученых:

- при рН около 6,0 гибнут ракообразные, улитки, моллюски;
- при рН около 5,9 гибнут лосось, форель, плотва;
- при рН около 5,8 гибнут восприимчивые к кислотному загрязнению насекомые, фито- и зоопланктон;
- при рН около 5,6 гибнут сиг, хариус;
- при рН около 5,1 гибнут окунь и щука;
- при рН около 4,5 гибнут угорь и голец;

- при дальнейшем понижении pH выживают резистентные к кислотному загрязнению насекомые, некоторые редкие виды фито- и зоопланктона; отмечается бурное развитие белого мха, а это показывает, что данный водоем стал биологически мертвым. В целом негативные последствия проявляются при значениях pH ниже 6,5, а "нормальные" формы жизни прекращаются при значениях pH ниже 5.

Кислотные осадки, как уже отмечалось сказываются на плодородии почв, в частности, при уменьшении pH около 3,0 почвы становятся практически бесплодными. Наибольшей подверженностью к закислению обладают подзолистые почвы таежной зоны.

Кислотные атмосферные осадки рассматриваются сейчас как активный и мощный фактор не только выветривания горных пород и ухудшения физико-механических характеристик ряда грунтов, но и химического разрушения техногенных объектов, включая памятники культуры и наземные линии связи, так называемое "городское" выветривание. В целом же установлено, что кислотные дожди оказывают многофакторное воздействие на окружающую среду и являются в какой-то степени результатом самоочищения (промывания) атмосферы. Основные кислотные агенты - это разбавленная серная и азотная кислота, образующая при реакциях окисления оксидов серы и азота с участием пероксида водорода. (см. ниже).

Исследованиями в центральной части Европейской России установлено, что снеговые воды здесь имеют, как правило, почти нейтральную или слабощелочную реакцию. На этом фоне выделяются районы как кислотных, так и щелочных атмосферных осадков. Снеговые воды с нейтральной реакцией характеризуются низкой буферностью (кислотонейтрализующей способностью) и поэтому даже незначительное повышение концентрации в приземной атмосфере оксидов серы и азота может привести к выпадению кислотных атмосферных осадков на обширных территориях. Прежде всего это касается крупных заболоченных низменностей, в которых происходит накопление загрязняющих веществ атмосферы вследствие проявления низинного эффекта аэриального саждения.

*Выброс твердых частиц в атмосферу.* Переход теплоэнергетики на сжигание низкокачественного высокозольного твердого топлива увеличивает количество золошлаковых отходов, усложняя систему очистки продуктов сгорания от мелких частиц золы, выбрасываемых в атмосферу через дымовую трубу, и увеличивает выброс частиц в атмосферу.

Зашлаковые отходы в 1990 г. составили  $2 \times 10^9$  т в год, а в 2000 г. эта цифра возросла в 4 раза. При сохранении КПД золоуловителей на прежнем уровне выброс частиц золы в атмосферу увеличивается в 3-4 раза, что недопустимо.

Обычно зола топлива не содержит токсичных веществ. Однако в золе донецких антрацитов присутствует незначительное количество мышьяка, в золе экибастузских углей - диоксид кремния, в золе канско-ачинских углей и прибалтийских сланцев - свободный оксид кальция.

Концентрация твердых частиц в потоке продуктов сгорания зависит от свойств топлива и способа его сжигания.

Например, экибастузский уголь имеет зольность 38%, теплотворную способность 4000 ккал/кг, а донецкий - 20,9% и 6030 ккал/кг. Естественно, что при одинаковых условиях сжигания частиц золы в дымовых газах в первом случае будет примерно в 2,7 раза больше. Так, при сжигании топлива в слое в топке осаждается 60-75% золы, т.е. должно уноситься 25-40%, из них же примерно половина оседает в газоотходах котла, а вместе с дымовыми газами уносится всего 10-15%. при факультном способе сжигания топлива и сухом шлакоудалении унос золы достигает 75-85%. В топках с жидким шлакоудалением осаждается 40-60% золы, а в циклонных топках - до 80%, естественно, уменьшается и вынос ее в атмосферу.

Чтобы представить количество выбрасываемых вредных примесей ТЭС и котельной рассмотрим примеры.

На электростанции мощностью 2 400 000 кВт, имеющий 8 блоков с котлами производительностью 950 т/ч, сжигают в каждом котлоагрегате малозольного донецкого угля марки ПА примерно 80 т/ч, т.е. всего 640 т/ч с содержанием золы 135 т/ч. Если считать, что только 15% ее уносится в окружающую среду, то это составит свыше 20 т/ч, или за сутки около 450 тонн.

При установке золоуловителя с КПД 90% суточные выбросы составят 45 т.

Так, например, при работе котельной с тремя котлами с паропроизводительностью по 20 т/ч на низкосортном подмосковном угле с зольностью 37% будет сжигаться 1,65 кг/с угля и при этом образовываться свыше 2 т золя в час. Если только 15% золы будет выбрасываться в атмосферу, а остальные 85% осядут в газоходах котла, то в течение 300 суток работы площадь вокруг котельной в радиусе 3 км будет покрыта слоем золы в 1,5 мм толщиной. Всего будет выброшено в атмосферу за это время около 2400 т золы.

Сильно загрязняют атмосферу твердыми частицами и другие отрасли промышленности. Например, большие выбросы происходят при проведении открытых горных работ, открытой добыче сырья, при производстве строительных материалов. Образующиеся в карьере при взрывных работах облако пыли и газов распространяется на расстояние до 10-12 километров. Кроме того, сдуваемая с отвалов пыль осаждается на почву, уменьшая ее плодородие.

Добытый уголь, щебень, другие горные породы, строительные материалы, прочие сыпучие материалы зачастую доставляют в открытых вагонах, так удобнее разгружать и загружать. При этом за загруженным транспортным составом, скорость которого 80-120 км/ч, тянутся шлейфы "черной выюги". Выдуваются сотни тысяч тонн угольной и другой пыли, в том числе строительных материалов. Много теряется при перегрузке и хранении.

*Оксиды азота. Фотохимический смог.* Оксиды азота, монооксид NO и диоксид NO<sub>2</sub> образуются при сжигании всех видов топлива и представляют особую опасность для здоровья человека. Основными источниками выбросов оксидов азота в атмосферу являются двигатели внутреннего сгорания (ДВС), автотранспорт, авиация, ТЭС, ТЭЦ, металлургия и другие отрасли промышленности. Если общее ежегодное выделение оксидов азота в мире оценивалось в 1967 г. в 53 млн т, а уже в 1995 г. составило 130 млн т. Удельный вес выбросов оксидов азота от различных стационарных источников в США составляет: ТЭС - 52%, промышленно-отопительные котлы - 14,4%, промышленные печи и технологические нагревательные установки - 4,1%, поршневые двигатели и ДВС - 19,8%, газовые турбины - 20%, выбросы, не связанные с горением - 1,9%, прочие стационарные выбросы 4,1%.

Высокие концентрации оксидов азота локализуются вблизи источников выбросов и приводят к появлению смога.

*Смог* - сильное загрязнение воздуха в больших городах и промышленных центрах, обусловленное застаиванием больших масс воздуха. Существует два типа смога:

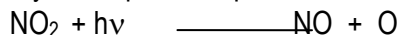
- густой туман с примесью дыма и газовых отходов производства;
- пелена едких газов и аэрозолей повышенной концентрации.

*Фотохимический смог* возникает в результате фотохимических реакций при определенных физико-географических условиях: наличия в атмосфере высокой концентрации оксидов азота, углеводородов, озона и других загрязнителей интенсивной солнечной радиацией и безветрия или очень слабого обмена воздушных масс в приземном слое. В декабре 1952 г. от Лондонского смога погибло около 4000 человек, но это не был фотохимический смог, который интенсивно образуется при ясной солнечной погоде с выделением исключительно высоко токсичных загрязнителей. Основными поставщиками исходных химических веществ для образования фотохимического смога являются выхлопные газы автомобилей. На формирование смога влияют природные факторы: температурная инверсия, которая присуща любому крупному городу; ветер, инсоляция, влажность. Печальный рекорд со смогом принадлежит до сих пор Лос-Анжелесу, хотя проблема в настоящее время существенно решена. Формирование смога в этом городе обусловлено тем, что он расположен в низине и окружен со всех сторон холмами, и в прежние годы в городе фиксировалось до 270 дней в году со смогом. Большое количество автомобилей в городе выбрасывают массу выхлопных газов, которые не поднимаются вверх и не рассеиваются в атмосфере, причем теплые газы вредных веществ остаются в непосредственной близости от земной поверхности. Это отрицательно сказывается на растительности, животных и, конечно, на человеке.

По своему физиологическому воздействию на человеческий организм фотохимический смог крайне опасен, особенно для дыхательной и кровеносной системы; при воздействии смога возникает стойкая неспособность крови к усвоению и переносу кислорода.

В образовании фотохимического смога участвуют многие загрязнители воздуха, среди которых NO и NO<sub>2</sub> представляют особую опасность.

Мон оксид азота NO образуется в малых количествах в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания при прямом соединении азота с кислородом. В выхлопных газах присутствует также некоторое количество NO<sub>2</sub>, который образуется непосредственно в автомобильном двигателе или при окислении NO. Часть NO<sub>2</sub>, растворяясь в парах воды, превращается в азотную кислоту. Другая часть NO<sub>2</sub> на солнечном свете подвергается фотохимической диссоциации:



Для протекания реакции требуется 304 кДж/моль, что соответствует энергии фотонов с длиной волны 393 нм.

Образующийся атомарный кислород может вступать в самые разнообразные реакции, в том числе в реакцию образования озона. Озон способен быстро окислять NO до NO<sub>2</sub>.

Скорость протекания этих реакций в течение суток не одинакова, что связано с интенсивностью движения автотранспорта. На рис. показана зависимость концентрации различных компонентов смога от времени суток. В ранние утренние часы концентрация NO невелика. По мере усиления автомобильного движения начинают интенсивно протекать вышеописанные химические процессы и в полдень их скорость становится максимальной.

Помимо оксидов азота (30%) автотранспорт выделяет в воздух города более 95% оксидов углерода, около 65% углеводородов. Кроме токсичных компонентов отработавших газов двигателей атмосфера загрязняется парами топлива из баков, карбюраторов, систем питания двигателей, продуктами износа шин, тормозных накладок. Все эти органические вещества окисляются озоном или атомарным кислородом. Одним из продуктов окисления являются альдегиды. Как видно из рис. , в то время, когда снижается содержание углеводородов, увеличивается содержание альдегидов (общая формула R-C<sup>o</sup> H<sub>n</sub>, где R-CH<sub>3</sub>; C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> и др.). Приокислению углеводородов образуется также много свободных радикалов, которые вследствие своей высокой химической активности вызывают в загрязненной атмосфере сложные химические процессы, в результате образуются, в частности, пероксоацилнитраты (ПАК) - R-C<sup>o</sup>-O-O- NO<sub>2</sub>. Это чрезвычайно вредные вещества, раздражающие глаза, затрудняющие дыхание, вызывающие аллергию.

Автомобильный транспорт, использующий этилированный бензин, является также основным источником выброса высокотоксичных соединений свинца. В 1 л такого бензина содержится до 0,4 г свинца. При существующем в США парке автомобилей, по данным американских ученых, в атмосферу ежедневно выбрасывается до 2000 тыс. т свинца, что составляет шестую часть его добычи в стране.

По данным ЮНЕСКО, из атмосферы ежегодно поступает в моря и океана до 200 тыс. т свинца.

Одним из наиболее токсически опасных выбросов в атмосферу является бенз(а)пирен (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>). Это канцерогенное вещество имеет свойство накапливаться в организме и способствует заболеванию раком. При сжигании природного газа при неправильном режиме может образовываться 1-10 мкг/100 м<sup>3</sup> бенз(а)пирена, а при сжигании мазута - 50-100 мкг/100 м<sup>3</sup>.

Общий выброс бенз(а)пирена в атмосферу Земли оценивается от 8 до 20 тыс. т в год. По расчетам ученых, во взвешенном состоянии в атмосферном воздухе нашей страны находится до 5 тыс. т бенз(а)пирена, ртути, мышьяка, свинца, кадмия, фенолов, фреонов, и других весьма опасных канцерогенных веществ.

Статистика показывает, что в 1930 г. смертность от рака в США, Голландии и Великобритании составляла ежегодно 50 чел на 1 млн. жителей. К 1950 г. эти величины выросли до 300 в Великобритании, 150 - в Голландии, 130 - в США. В 1985 г. число заболеваний (по сравнению с 1930 г.) увеличилось в США примерно в 30 раз, в Великобритании в 50 раз. Предельно допустимая концентрация (ПДК) бенз(а)пирена в атмосфере составляет 0,000 001 мг/м<sup>3</sup>. Однако во многих городах она превышает данное значение на 2 и более порядка. Например, в г.Париже на некоторых улицах она достигает 0,0007 мг/м<sup>3</sup>, в ряде крупных городов США - 0,002 мг/м<sup>3</sup>, в г.Цюрихе - 0,0024 мг/м<sup>3</sup>.

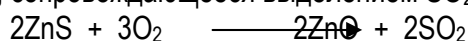
*Монооксид углерода.* В незагрязненном воздухе уровень содержания CO невелик. По имеющимся данным полное содержание его в земной атмосфере достигает  $5,2 \times 10^{14}$  г. Важнейшим источником CO являются автомобильный транспорт и ТЭС. В природе, однако, постоянно происходят процессы, приводящие к поглощению CO. CO может окисляться в CO<sub>2</sub> атмосферным кислородом, однако эта реакция протекает чрезвычайно медленно. CO удаляется из воздуха, поглощаясь микроорганизмами почвы, диффундирует в стратосферу, откуда удаляется, вступая в реакцию с реакционно способными атомами и молекулами. По оценкам специалистов, среднее время пребывания CO в атмосфере составляет 6 месяцев. Молекулы CO химически не активны, но обладают специфической способностью прочно связываться с гемоглобином крови - железосодержащим белком, выполняющим роль переносчика кислорода. Эта способность CO в 210 раз выше, чем у O<sub>2</sub>. В следствии этого у человека, вдыхающего в течение нескольких часов воздух, содержащий, например, 0,1% CO, на 60% снижается нормальная способность крови снабжать организм кислородом. Это означает, что во столько же раз интенсивнее должно работать сердце. Поэтому, по мнению многих ученых-медиков, загрязнение воздуха CO способствует развитию сердечных недугов, что особенно часто наблюдается у курильщиков. Курение, т.е. постоянное вдыхание CO, ухудшает умственную деятельность, мешает концентрации внимания. Поэтому не следует много курить перед экзаменом, а также за рулем автомобиля.

Выкуривая одну сигарету, человек вдыхает более 3600 различных химических соединений, включая монооксид углерода, формальдегид и диоксид азота. Маленькие дети, проживающие в квартирах, где кто-либо из членов семьи постоянно курит, гораздо чаще болеют респираторными заболеваниями.

*Соединения серы.* Их относят к одним из самых вредных газов из числа наиболее распространенных загрязнителей воздуха. Наиболее опасным для жизни и здоровья людей является диоксид серы SO<sub>2</sub>, образующийся при сжигании топлива, который выбрасывается в атмосферу через дымовую трубу. Причем выбросы диоксида серы, обусловленные работой теплоэнергетических установок, сжигающих органическое топливо, превышают 100 млн т в год. Если бы человечеству удалось уловить третью часть этих выбросов и получить из них товарную серу, то можно было бы закрыть все добывающие и перерабатывающие предприятия. Попадая в атмосферу, диоксид серы подрывает здоровье людей, угнетает животный и растительный мир, ускоряет коррозию и разрушение машин, механизмов, зданий и сооружений.

Изучение истории болезни большого числа городских жителей ясно показывает, что в городских районах с самым сильным загрязнением воздуха наблюдается наибольшее число заболеваний органов дыхания и наиболее низкая средняя продолжительность жизни.

Одним из промышленных процессов, приводящих к очень высокому локальному уровню содержания SO<sub>2</sub>, является обжиг, или выплавка сернистых руд. Этот процесс представляет собой окисление сульфида металлов, сопровождающееся выделением SO<sub>2</sub>:



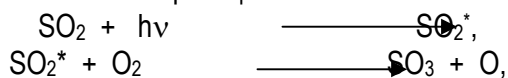
Приблизительно 60% выделяемого количества SO<sub>2</sub> обусловлено сжиганием угля и нефти. Например, ТЭС, потребляя в год 2,3 млн т угля, расходует 6,2 млн т кислорода и выбрасывает в атмосферу 140 тыс. т SO<sub>2</sub>. Известно, что различные виды угля и нефти характеризуются различным содержанием в них серы. В связи с требованиями к снижению загрязнения воздуха SO<sub>2</sub> нефть с низким содержанием серы пользуется большим спросом и поэтому продается по более высокой цене. Угли, содержащие пониженное количество серы, имеют более низкую удельную теплотворную способность, поэтому в расчете на единицу выделяемого тепла различие в содержании серы нивелируется.

На все вредное воздействие вызывается самим диоксидом серы; основной ущерб наносит триоксид серы SO<sub>3</sub>, образующийся при окислении SO<sub>2</sub>.

Диоксид серы нелегко окисляется в чистом воздухе. Однако в присутствии пылеобразных частиц оксидов металлов под воздействием O<sub>2</sub> диоксид серы очень быстро превращается в SO<sub>3</sub>. Реакция протекает на поверхности частиц, которые играют роль гетерогенного катализатора. В газах, выбрасываемых ТЭС, содержится значительное количество тонкоизмельченных твердых веществ - золы, находящейся во взвешенном состоянии в воздухе.

Окислению SO<sub>2</sub>, кроме того, способствует наличие в воздухе капелек влаги, т.е. тумана или облаков; известно, что растворенный в воде SO<sub>2</sub> окисляется довольно быстро.

Еще одной возможностью превращения SO<sub>2</sub> в SO<sub>3</sub> является фотохимическое окисление. Поглощение молекулой SO<sub>2</sub> фотона с длиной волны более 300 нм может привести к переходу одного из ее электронов с одной орбитали на другую, более высокую. При этом молекула переходит в возбужденное состояние, повышается ее реакционная способность:



где SO<sub>2</sub><sup>\*</sup> - электронно-возбужденная молекула SO<sub>2</sub>.

Образовавшийся тем или иным способом в зависимости от конкретного состояния атмосферы SO<sub>3</sub> растворяется в капельках влаги с образованием серной кислоты:

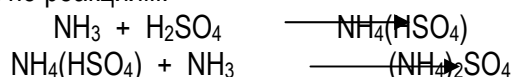


В результате увеличения выбросов в атмосферу оксидов серы и азота из-за сжигания ископаемого топлива при производстве тепловой и электрической энергии и других технологических процессов за последние 2-3 десятилетия резко повысилось содержание серной и азотной кислот в осадках. Мировые антропогенные выбросы двуокиси серы превышают сегодня 150 млн т в год. Выше мы уже отмечали наличие кислых дождей. Кислотность такого дождя обусловлена главным образом присутствием серной и азотной кислот. Из-за выпадения кислых дождей во многих пресноводных озерах уменьшилось количество обитающих там рыб, что в свою очередь, оказало ощутимое воздействие на другие звенья экологической цепочки. Кислые дожди сильно корродируют металлы, нарушают целостность покрытий из красок и других материалов, разрушают мрамор, строительные детали, в составе которых содержится CaCO<sub>3</sub> и пр.

Больше всего страдают кислые подзолистые почвы, широко распространенные в центральных районах и северных районах нашей страны. Чтобы нейтрализовать кислотные осадки, приходится дополнительно проводить известкование почв, т.е. ежегодно вносит около 1,5 млн т извести. Эти затраты оцениваются примерно в 40 млн р. Если же ущерб оценивать по стоимости потерянного урожая, то он будет в 2-3 раза больше.

Хорошо видны и изменения лесных экосистем. Ухудшается возобновление хвойных пород деревьев, чаще всего они замещаются лиственными породами. Так, в Архангельской и Московской областях в сосново-березовых лесах средний прирост сосны за 100 лет превышает средний прирост березы всего на 10%. Сосна чувствительна к диоксиду серы, береза - в гораздо меньшей степени. Имеющиеся оценки показывают, что тип лесного фитоценоза должен изменяться уже при содержании диоксида серы в воздухе, равном 20...25 мкг/м<sup>3</sup>. А эта величина уже близка к нынешнему европейскому региональному уровню. У особо чувствительных видов хвойных деревьев снижается скорость прироста, усыхают дубравы (дубовые леса). Этот процесс затронул сегодня многие европейские страны.

В тем местностях, где в атмосфере содержится аммиак NH<sub>3</sub>, может происходить кислотно-основное взаимодействие, приводящее к образованию гидросульфата аммония NH<sub>3</sub>(HSO<sub>4</sub>) или сульфата аммония (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> по реакциям:



Плотная дымка, окутывающая многие крупные промышленные районы, состоит, главным образом, из рассеянного в воздухе сульфата аммония, образующегося указанным путем. Дышать таким воздухом небезопасно.

В связи с ожидаемым увеличением масштабов сжигания угля, а также производства цемента, строительных материалов, металлов возникают серьезные проблемы, связанные с выбросами в атмосферу ртути и других тяжелых элементов. Уже сегодня в Европе и Северной Америке антропогенное поступление ртути в десятки раз превышает ее природный приток. И как результат - рост загрязнения водоемов, которые имеют большую площадь водосбора, особенно при увеличении их кислотности, а это повышает растворимость тяжелых металлов и усугубляет их токсическое действие.

*Водяные пары. Диоксид углерода.* Одной из функций атмосферы является защита поверхности Земли от губительного действия коротковолнового излучения. Другая важная функция - поддержание относительно постоянной и умеренной температуры на поверхности нашей планеты. За сохранение благоприятных температурных условий у поверхности Земли ответственны, главным образом, два компонента атмосферы - диоксид углерода и вода.

Земля находится в тепловом равновесии со своим окружением. Это означает, что планета излучает в космическое пространство энергию со скоростью, равной скорости поглощения солнечной энергии. Поскольку Земля является относительно холодным телом с температурой около  $254^{\circ}\text{K}$ , то излучение таких холодных тел приходится на длинноволновую (с низкой энергией) часть спектра, т.е. максимум интенсивности излучения Земли находится вблизи длины волны 12000 нм (рис. ).

Большая часть этого излучения задерживается  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , поглощающими его в инфракрасной области, тем самым эти компоненты не дают рассеиваться теплу и поддерживают пригодную для жизни равномерную температуру у поверхности Земли. Пары  $\text{H}_2\text{O}$  играют важную роль в поддержании температуры атмосферы в ночное время, когда земная поверхность излучает энергию в космическое пространство и не получает солнечной энергии. В пустынях с очень засушливым климатом, где концентрация паров воды чрезвычайно мала, днем невыносимо жарко, зато ночью очень холодно.

В настоящее время общепризнано, что климат формируется в результате воздействия чрезвычайно сложных взаимосвязанных факторов, среди которых существенную роль отводится  $\text{CO}_2$ , способствующего возникновению "парникового эффекта". Углекислый газ действует, как стекло или полиэтиленовая пленка в парниках, поэтому это действие называют "парниковым эффектом".

Этот эффект, который иногда еще называют тепличным, отраженным можно охарактеризовать таким образом, как постепенное потепление климата на нашей планете в результате увеличения концентрации в атмосфере антропогенных примесей (диоксида углерода, метана, оксида азота, озона, фреонов). Эти примеси препятствуют длинноволновому тепловому излучению с земной поверхности. Часть этого поглощенного теплового излучения атмосферы излучается обратно к земной поверхности. Основным источником  $\text{CO}_2$  антропогенного происхождения является сжигание ископаемого топлива (уголь, нефть, газ и др.) - ежегодно более 9 млрд т условного топлива. Во всем мире в конце XX столетия выбрасывалось в атмосферу около 6 млрд т диоксида углерода, что составило более 1 т на каждого жителя планеты. Интересными являются показатели его выброса по отдельным странам (табл. ). С начала XX века увеличение выбросов диоксида углерода в атмосферу составило ежегодно 4-5%. По оценкам экспертов ЮНЕСКО, выбросы диоксида углерода в атмосферу в Северной Америке в 6 раз больше, чем в Африке и в 9 раз больше, чем в Юго-восточной Азии.

В последние десятилетия стало отмечаться постепенное возрастание в атмосфере содержания метана (в среднем около 1% в год). Это связано как с природными факторами (болота), так и с антропогенными причинами (сжигание биомассы, рисовые поля, крупный рогатый скот и прочее). Установлено, что рисовые поля Китая поставляют в земную атмосферу метана в 4-10 раз больше, чем такие же угодья в США и Европе. Наибольшее количество метана выделяют крупный рогатый скот (74% от всех видов животных) и овцы, козы (13%), поэтому в ряде зарубежных стран осуществляются работы по снижению интенсивности выделения домашним скотом метана с помощью применения ингибиторов. Значительное количество метана производит горное производство: ежегодно на угольных месторождениях мира в шахтах выбрасывается от 34 до  $46 \times 10^6$  т метана. Поэтому для предотвращения негативного экологического воздействия выбросов метана на среду необходимо в начале 3-го тысячелетия сократить выбросы метана до 30 млн т/год, а также провести работы по утилизации капируемого газа.

Увеличение содержания в атмосфере оксида азота (примерно 0,3% ежегодно) объясняется в основном возрастанием производства и применения азотных удобрений в сельском хозяйстве. Хлорфторуглероды (фреоны) широко, применяемые в промышленном производстве, дают выбросы в мире до 1,4 млн т (при ежегодном росте в 4%). В табл. - показаны изменения концентраций основных парниковых газов в атмосфере. Видно, что по сравнению с углекислым газом отмечается

довольно быстрый рост содержания метана, и фреонов, способствующих формированию парникового эффекта. Причем в течение предстоящих десятилетий существенный вклад будет вносить метан, тогда как влияние долгоживущих (оксида азота и фреонов) проявится на протяжении более продолжительного интервала времени (В.А.Вронский, 1997).

По данным Г.С.Голицына (1990) за период с 1880 по 1980 вклад парниковых газов в глобальное потепление климата составил: диоксида углерода - 66%, метана - 18%, фреона - 8%, оксида азота - 3%, остальных газов - 5%. Однако, увеличение концентрации перечисленных газов по разному сказывается на величине парникового эффекта, что определяется особенностями поглощения самой молекулы газа. Так, вычисленное воздействие метана на 1 молекулу воздуха на парниковый эффект в 25 раз интенсивнее, чем в случае с диоксидом углерода, а молекула фреона эффективнее в 11000 раз. Отмеченные обстоятельства играют существенную роль в глобальном потеплении климата, в связи с ростом концентрации метана и фреонов в атмосферу Земли. Увеличение концентрации парниковых газов в атмосфере привело к тому, что по сравнению с доиндустриальным периодом (концом XIX столетия) средняя глобальная температура воздуха повысилась на 0,5-0,6°C. К 2025 году (по Будыко и др., 1989) повышение может составить 2,2-2,5°C, хотя его расчеты о том, что к 2000 г. эта величина достигнет 1,2°C, оказались неверными. Это является лишним подтверждением того, что глобальные процессы весьма сложны и требуют еще большего и тщательного изучения. Парниковый эффект для биосферы Земли имеет как отрицательные, так и положительные последствия.

К отрицательным последствиям глобального потепления климата следует отнести повышение уровня Мирового океана за счет таяния материковых и горных ледников, морских льдов, теплового расширения океана и т.п. Экологические последствия этого явления пока неясны в полной мере и поэтому сейчас ведутся интенсивные научные исследования, включающие в себя различного рода моделирование. В настоящее время повышение уровня океана достигает около 25 см за 100 лет. При значительном повышении температуры воздуха (более 1,5-2°C) площадь горного оледенения, площадь и толщина морских льдов будут интенсивно уменьшаться, что приведет к катастрофическому повышению уровня океана (как прогнозируется к концу XXI века оно составит 0,5-2,0 м против нынешнего). Все это повлечет за собой возникновение сложных экологических и социально-экономических проблем: затопление приморских равнин, усиление абразионных процессов, ухудшение водоснабжения и нарушение канализационных систем приморских городов, разрушение сельскохозяйственных инфраструктур, деградация мангровой растительности и т.п. Подсчитано, что подъем уровня океана на 1 м вызовет затопление 20% территории Бангладеш, почти всех сельхозугодий Египта, пострадают почти все приморские города Китая, катастрофические последствия будут отмечены в средиземноморских странах, может погибнуть, в частности, Венеция. (В.А.Вронский, 1997).

К отрицательным последствиям парникового эффекта регионального и локального характера, особенно для России, где более 50% территории занято вечномёрзлыми грунтами, следует отнести: увеличение сезонного протаивания грунтов, общая тенденция к деградации вечной мерзлоты, что скажется на нормальном функционировании коммуникаций, будут разрушены дороги, начнутся деформации оснований зданий и сооружений, активизируются процессы термокарста, термоабразии, солифлюкции, заболачивания, ухудшения жизнедеятельности лесных массивов на вечной мерзлоте. В целом экологические последствия деградации вечной мерзлоты еще до конца неясны и могут оказаться катастрофическими. ЮНЕСКО в настоящее время осуществляет Международную программу ГЛОСС "Глобальная система наблюдения за уровнем моря", которая и должна прогнозировать последствия глобального потепления климата.

Таблица

Показатели, характеризующие выбросы углерода при сжигании ископаемых видов топлива

Страна	Объем выбросов млн. т	Объем выбросов на душу населения, т
США	1224	5,03
Канада	110	4,24



Австралия	65	4,00
бывш. СССР	1035	3,68
Саудовская Аравия	45	3,60
Польша	128	3,38
Германия	182	2,98
Великобритания	156	2,73
Япония	251	2,12
Италия	102	1,78
Франция	95	1,70
Южная Корея	44	1,14
Мексика	80	0,96
Китай	594	0,56
Египет	21	0,41
Бразилия	53	0,38
Индия	151	0,19
Индонезия	28	0,16
Нигерия	9	0,09
Заир	1	0,03
Весь мир	5599	1,08

Таблица

Изменение концентрации основных парниковых газов в атмосфере Земли (В.А.Вронский, 1996)

Концентрация	Диоксид углерода	Метан	Фреон-12	Оксид азота
Доиндустриальная	280 млн <sup>-1</sup>	0,79 млн <sup>-1</sup>	0	288 млрд <sup>-1</sup>
Современная	354 млн <sup>-1</sup>	1,72 млн <sup>-1</sup>	484 трлн <sup>-1</sup>	310 млрд <sup>-1</sup>
Ежегодный рост	1,6 млн <sup>-1</sup>	0,15 млн <sup>-1</sup>	17 трлн <sup>-1</sup>	8 млрд <sup>-1</sup>
Время жизни газов (годы)	50-200	10	130	150

Примечание: 1 млн<sup>-1</sup> равен 1 молекуле газа на 1 млн молекул воздуха

К положительным экологическим последствиям этого процесса можно в определенной степени отнести влияние на лесные экосистемы, да и в целом на сельское хозяйство, за исключением вышеперечисленных регионов мира, что особенно важно с учетом нарастающей численности населения Земли. Так, при глобальном потеплении климата будет отмечаться увеличение испарения с поверхности океана и связанный с ним рост увлажнения климата, особенно важное для аридных областей. Повышение концентрации диоксида углерода в атмосфере может увеличить интенсивность фотосинтеза и, значит, способствовать увеличению продуктивности как естественных лесных формаций (пока данные имеются лишь по австралийским дождевым и экваториальным лесам), так и для культурных растений. Среди последних можно ожидать повышения продуктивности у растений, которые продуцируют как первичный продукт фотосинтеза - трехуглеродные соединения (пшеница, картофель, сахарная свекла, подсолнечник). Несколько меньше влияние окажет повышение концентрации диоксида углерода на кукурузу, сорго, просо, сахарный тростник, но и у них должны произойти морфологические изменения: рост, увеличение площади листьев и т.п. (Яншин А.Л., 1994).

В ряде стран (Великобритания, США, Швеция, Австрия, Австралия) проведены лабораторные эксперименты по изучению процессов развития ряда культурных растений в условиях повышенных концентраций диоксида углерода (от 330 до 660 млн<sup>-1</sup>). Установлено, что при удвоении концентрации диоксида углерода у многих растений уменьшается величина транспирации, увеличивается листовая поверхность (у сорго на 29%, у кукурузы - на 40%), возрастает биомасса (у

молодых растений до 40%), а самое главное - увеличивается урожайность основных сельскохозяйственных культур. Так, возрастает урожайность хлопка на 124%, томатов и баклажан - на 40%, пшеницы, риса и подсолнечника - на 20%, фасоли, гороха и сои - на 43% и т.д. Эти данные весьма важны для решения ряда проблем связанных с производством продуктов питания для растущего человечества. По некоторым данным средняя урожайность зерновых культур может вырасти на 67%, а кормовых трав на 95%.

Однако в целом отрицательные последствия парникового эффекта пока в экологическом отдалении прогнозируются как большие чем положительные (В.А.Вронский, 1996, с.457-464).

**“Озоновые дыры”** представляют собой значительные пространства в озоновом слое (экране) на высотах 20-25 км в атмосфере планеты с заметно пониженным (до 50% и более) содержанием озона. Это явление является частью сложной экологической проблемы, связанной с изменениями в мощности озонового экрана, значимость которого была нами уже отмечена выше. В начале 80-х годов было отмечено значительное уменьшение содержания озона в атмосфере южной полярной области земного шара (октябрь 1985 г английская станция Халли-Бей, Антарктида - уменьшение содержания озона на 40% против минимальных значений, на японской станции - уменьшение вдвое; весной 1987 г. - по космическим снимкам - эта зона занимала площадь 7 млн км<sup>2</sup>). Это повторилось в 1992 году, когда также было зафиксировано значительное снижение содержания озона (примерно на 50%) над Антарктидой и прилегающей зоной в Южной Америке (Чили и Аргентина). Аналогичные явления отмечены и в Арктике (с весны 1986 г.), но размеры “озоновой дыры” здесь почти в 2 раза меньше антарктической. В феврале 1993 г. в верхней атмосфере над Арктикой наблюдалось снижение содержания озона на 10-40% ниже многолетней средней нормы; были отмечены небольшие по размерам зоны над Канадой, Скандинавией, Шотландскими островами (Великобритания), Якутией (Россия).

По наиболее известной в настоящее время гипотезе и по данным многочисленных международных экспедиций в Антарктиде предполагается, что кроме различных иных физико-географических факторов одним из основных является наличие в атмосфере значительного количества хлорфторуглеродов (фреонов). Последние имеют широко примечание как хладоагентов и различных химических материалов в аэрозольных упаковках и т.д. Выше мы уже показывали влияние фреонов на химические реакции в атмосфере, в результате которых образуется оксид хлора, активно поглощающий озон. Всего в мире включая фреоны, производится около 1300 тысяч т озоноразрушающих веществ. Но в последние годы появились, во-первых, сообщения о закрытии “озоновых дыр” и, во-вторых, о том, что фреоны не могут в такой значительной степени разрушать озоновый экран. Также установлено, что разрушению озона способствует интенсификация полетов сверхзвуковых летательных аппаратов, самолетов и многоразовых космических аппаратов. По данным НАСА один запуск корабля типа “Шаттл” “гасит” не менее 10 млн т озона. В целом же этот вид воздействия может привести к разрушению 10% озонового слоя планеты. Установлено, однако, что одновременно с истощением озонового слоя в стратосфере, происходит увеличение концентрации озона в тропосфере, т.е. у поверхности Земли, но это не может компенсировать потери в верхних слоях атмосферы, т.к. его масса всего 10% от массы в озоносфере и в силу характеристик самого озона как более тяжелого газа.

Истощение озонового слоя в атмосфере Земли приводит к увеличению потока ультрафиолетовых лучей на земную поверхность, что создает опасность для жизненных процессов на Земле практически для всех живых организмов. По данным Всемирной организации здравоохранения уменьшение содержания в атмосфере озона на 1% приводит к увеличению кожных раковых заболеваний у людей на 6%, происходит также угнетение иммунной системы человека. Кроме того, рост интенсивности ультрафиолетового излучения может привести к снижению урожайности значительного числа сельскохозяйственных культур (вследствие нарушения обмена веществ в них и воздействия микроорганизмов - мутантов), к гибели фитопланктона в океане, к нарушению глобального баланса диоксида углерода и кислорода, с вытекающими всеми негативными последствиями.

Для сохранения озонового слоя пояса Земли существуют как пассивные методы, так и активные. К первым относят все методы снижения выброса загрязнителей в атмосферу, которые

способствуют сохранению количества озона в атмосфере. По данным В.А.Вронского (1997) к активным методам можно отнести работы по химическому воздействию на зоны с пониженной концентрацией озона этана и пропана, для связывания атомарного хлора, в хлористый водород. Этот метод имеет отрицательные побочные воздействия, но представляет собой наиболее экономический и технический способ из предлагаемых к настоящему времени. И, наконец, самые современные разработки по использованию электромагнитных излучений, электрических разрядов, лазеров, которые должны способствовать фотодиссоциации кислорода с выделением озона. Но все разрабатываемые методики могут оказаться бесполезными или малоэффективными, если не будут проведены специальные фундаментальные работы по изучению механизма существования озонового слоя и динамики его развития как под влиянием природных, так и техногенных факторов.

Для атмосферы характерна чрезвычайно высокая динамичность, обусловленная как быстрым перемещением воздушных масс в латеральном и вертикальном направлениях, так и высокими скоростями, разнообразием протекающих в ней физико-химических реакций. Атмосфера может рассматриваться как огромный "химический реактор", который находится под воздействием многочисленных и изменчивых антропогенных и природных факторов. Газы и аэрозоли, выбрасываемые в атмосферу, характеризуются высокой реакционной способностью. Пыль и сажа, возникающие при сгорании топлива, лесных пожарах, сорбируют тяжелые металлы и радионуклеиды и при осаждении на земную поверхность способны загрязнить обширные территории и проникают при дыхании в живые организмы и в том числе человека. Аэрозоли подразделяются на первичные - выбрасываемые непосредственно из источников; вторичные - формирующиеся в атмосфере, летучие - способные к переносу на значительные расстояния, нелетучие - отлагающиеся на поверхности вблизи зон пылегазовыбросов. Устойчивые и тонкодисперсные летучие аэрозоли (кадмий, ртуть, сурьма, йод-131 и другие) имеют способность к накоплению в низинах, лощинах, оврагах, ущельях, на морских заливах, во фиордах и других понижениях рельефа, и в весьма небольших количествах на водоразделах.

Аэродинамическими барьерами являются крупные лесные массивы, а также активные глубинные разломы значительной протяженности (Байкальский рифт). Некоторые из них получили название "облачные линеаменты". Причины этого заключаются в том, что такие разломы, контролируют физические поля, ионные потоки Земли и служат своеобразной преградой для перемещения воздушных масс. Выявлена тенденция совместного накопления в твердых взвешенных частицах приземной атмосферы в Европейской России и ряде стран Западной Европы устойчивых комбинаций тяжелых металлов таких как свинца и олова; кобальта и никеля, стронция и фосфора и ряда других.

Время "жизни" газов и аэрозолей в атмосфере изменяется в очень широком диапазоне (от 1-3 минут до нескольких месяцев) и зависит в основном от их химической устойчивости, размера частиц (для аэрозолей) и присутствия реакционноспособных компонентов (озон, пероксид водорода и др.). Поэтому в трансграничных переносах загрязняющих веществ участвуют главным образом химические элементы и соединения в виде газов, не способных к химическим реакциям и термодинамически устойчивых в условиях атмосферы.

Оценка и прогноз состояния приземной атмосферы проводится с использованием нормативного "подхода". Величины ПДК (предельно допустимых концентраций) токсических химических веществ и другие нормативные показатели качества воздуха опубликованы в официальных справочниках и специальных руководствах.

ПДК - это максимальное количество среднего вещества в окружающей среде, практически не влияющее отрицательно на живые организмы и в том числе человека. Это основные показатели, используемые для контроля качества воздуха и водной среды. Причем существует отдельное нормирование содержания вредных примесей в воздухе: в рабочей зоне и в населенных пунктах. Для каждого загрязняющего вещества установлены два норматива: ПДК м.р. - максимально разовая и ПДК ср.с. - среднесуточная. Первый из этих нормативов необходим для предупреждения рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, световой чувствительности глаз и т.п.) при кратковременном воздействии атмосферных загрязнителей (в течение 20 минут);

Таблица

Предельно допустимые концентрации некоторых  
загрязняющих веществ в воздухе населенных пунктов (мг/м<sup>3</sup>)

Загрязняющее вещество	ПДК с.с.	ПДК м.р.
<b>О с н о в н ы е</b>		
Твердые (пыль)	0,15	0,5
Диоксид серы	0,05	0,5
Диоксид азота	0,04	0,85
Оксид азота	0,06	0,4
Оксид углерода	3,0	5,0
<b>С п е ц и ф и ч е с к и е</b>		
Аммиак	0,04	0,2
Хлористый водород	0,2	0,02
Сероуглерод	0,005	0,003
Бенз(а)пирен	0,00001	-
Фенол	0,003	0,01
Формальдегид	0,003	0,035
Фтористый водород	0,005	0,2
Кадмия оксид	0,001	-
Ртуть	0,0003	-
Свинец	0,0003	-
Ванадия оксид	0,002	-
Марганца оксид	0,001	-
Медь	0,002	-
Никель	0,001	-
Мышьяк	0,003	0,003
Цинк	0,05	-
Хрома оксид	0,0015	0,0015

второй - с целью предупреждения их общетоксического, канцерогенного и др. влияния (осреднение за 24 часа).

Необходимость отдельного нормирования примесей в воздушной среде в населенных пунктах и в рабочей зоне определяется условиями восприятия вредных веществ людьми различного возраста и состояния здоровья. В таб. приведены предельно допустимые концентрации некоторых загрязняющих веществ в воздухе для населенных пунктов, которые при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывают на него вредного влияния. Эти значения всегда значительно меньше ПДК в рабочей зоне, так как там период воздействия загрязняющего вещества ограничен продолжительностью рабочего дня. Например, в воздухе населенных пунктов ПДК м.р. для диоксида серы составляет 0,5 мг/м<sup>3</sup> и диоксида азота - 0,085, а для рабочей зоны соответственно: 10 и 5 мг/м<sup>3</sup>.

В европейских документах кроме токсичности загрязненных веществ и их "направленности" (канцерогенное, мутагенное, аллергенное и др.) учитываются их распространенность и способность к аккумуляции в организме человека и к движению по пищевым цепям. Недостатки этого нормативного подхода в ненадежности, точности и обоснованности принятых (установленных) значений ПДК и других показателей из-за слабой разработанности их эмпирической наблюдательной базы, отсутствия учета совместного воздействия загрязнителей и резких изменений состояния приземного слоя атмосферы во времени и пространстве. Явно недостаточным является количество стационарных наблюдательных постов за воздушным бассейном, а главное их методическая и лабораторная обеспеченность не позволяет оценивать в полном объеме состояние

воздуха в крупных городских агломерациях и промышленных зонах - типа Рурского и Кузнецкого бассейнов и т.п. В качестве индикаторов химического состава приземной атмосферы используют хвою, лишайники, мхи. На начальном этапе выявления очагов радиоактивного загрязнения, связанных с чернобыльской аварией, изучалась хвоя сосны, которая обладает способностью накапливать радионуклиды, находящиеся в воздухе. Известным фактором является покраснение игл хвойных деревьев при образовании фотохимических смогов в городах. Очень интересными и перспективными представляются результаты индикации атмосферных загрязнений по геохимической съемке, в связи с установленными фактами депонирования загрязняющих веществ в снеговом покрове за сравнительно длительный период времени. Эти методы позволяют установить местоположение источников пылегазовыбросов по комплексу показателей. Широкому применению данного метода способствует то, что основные промышленные центры России находятся в зоне устойчивого установления снегового покрова в зимние месяцы года. К перспективным направлениям оценки состояния приземной атмосферы крупных промышленно-урбанизированных территорий относится многоканальное дистанционное зондирование, которое имеет важное свойство многократного повторения, т.е. получения характеристик на больших площадях с целью прогноза их развития во времени.

Оценка и прогноз химического состояния приземной атмосферы, связанного с природными процессами ее загрязнения, существенно отличаются от оценки и прогноза качества этой природной среды, обусловленного антропогенными процессами. Вулканической и флюидной активностью Земли, штормами и тайфунами управлять невозможно, лесные и степные пожары можно предупреждать или их локализовать.

В целом может идти речь об определенной минимизации или локализации негативных последствий, что принципиально возможно только на научно обоснованном понимании взаимосвязей в природных системах разного иерархического уровня и биосферы Земли в целом.

Антропогенные процессы загрязнения воздушного бассейна в большинстве случаев поддаются управлению. Однако борьба с трансграничными переносами возможна только на основе решения проблем, которые не относятся к экологическим, а имеют политический смысл, т.е. на базе международного сотрудничества, что сейчас представляет определенные трудности по разным причинам.

Кроме всего сказанного очень сложно оценивать и прогнозировать состояние атмосферного воздуха, когда на него одновременно воздействуют и природные, и антропогенные процессы. Особенности такого взаимодействия пока еще мало изучены.

Все более серьезным фактором становится радиоактивное заражение атмосферы, вызываемое работой атомных установок (реакторов и т.п.), ядерными взрывами, естественной радиоактивностью горных пород. Радиоактивные вещества (радионуклиды), мы о них немного упоминали выше проникают, например, при ядерных взрывах (да и при авариях) в стратосферу, переносятся воздушными течениями, могут находиться в аэрозолях от 3 до 9 лет, а в нижних приземных слоях - до 3 месяцев. Постепенно с атмосферными осадками они выпадают на земную поверхность, а далее могут попасть через растения в трофические цепи со всеми вытекающими последствиями.

Радиоактивные загрязнения подразделяются на:

- газообразные осколки деления ядер ядерного горючего материала - инертные газы (ксенон, криптон и др.), а также радиоактивный йод;
- радиоактивный аргон-41 с периодом полураспада 1,82 часа, появляющийся в результате воздействия нейтронных потоков на теплоноситель так называемого первого контура, согласно конструктивным особенностям ядерных установок в АЭС и на окружающий воздух находящейся в нем механической пыли;
- загрязненный воздух, выделяющийся при разрушении оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭЛОВ) или при наличии изотопов йода, активных инертных газов и аэрозолей при протечках теплоносителей.

На АЭС существует значительное число различных газообразных технологических так называемого “сдувок”, наблюдается повышенная газовая активность, требующая организации специальной дезактивации газообразных выбросов.

Источниками радиоактивности являются и многие вспомогательные сооружения элементы (бассейны выдержки, системы продувки реактора, баки сброса радиоактивных протечек и др.), в некоторых выделяются радиоактивные инертные газы.

Долговременное радиационное загрязнение создают обогатительные производства по подготовке ядерного “топлива”: в процессе переработки, например, урановых руд образуется огромное количество отходов - “хвостов”. Так, по данным американских специалистов, уже сейчас объемы этих “хвостов” в США достигают почти 500 млн т. Главным же является не эти колоссальные объемы отходов, а то, что они будут оставаться радиоактивными миллионы лет, когда никакого производства давно уже не будет..., а загрязнение, в первую очередь, атмосферного воздуха будет продолжаться.

Наиболее же опасным является аварийный выход из строя основного оборудования АЭС, что показала ядерная катастрофа на Чернобыльской АЭС.

Повышение концентрации радиоактивных веществ до пределов, потенциального угрожающих здоровью наблюдалось в радиусе более 2 тыс. км от аварийного 1-го блока ЧАЭС на территории, по крайней мере 20 стран. По некоторым данным радиоактивное загрязнение от этой аварии затронуло до 30 млн. человек этих стран. Схема выпадения радиоактивных осадков, их окончательная “география” и интенсивность до последнего времени осталось до конца невыясненной в силу самых различных причин. Так германские специалисты, например, обнаружили, что в точкам замера радиоактивного загрязнения, отстоявших друг от друга примерно на расстоянии 100 км по уровню радиации отмечались в 15 раз, в тоже время в других точках при больших расстояниях различие в уровнях радиации было гораздо меньше. Оценки показывают, что сегодняшняя вероятность таких же тяжелых аварий на современных АЭС составляет 1 событие на  $10^3 \div 10^4$  реакторо-лет.

Анализ ожидаемых темпов развития мировой и отечественной ядерной энергетики, оценки экологических и социальных ущербов от происшедших тяжелых аварий показывают, что вероятность повреждения активной зоны без превышения допустимого санитарными правилами и нормами уровня не должна быть выше 1 события на  $10^5$  реакторо-лет, а с радиоактивностью выше установленных пределов - на  $10^6$ - $10^7$  реакторо-лет. Иными словами целью работ по повышению устойчивости ядерных энергоустановок к тяжелым авариям является разработка радикальных мер по снижению вероятности тяжелых аварий в 100 раз.

В последние годы в связи с ростом числа радио- и телепередающих станций, использующих ультракороткий диапазон радиоволн, широкое распространение радиотелефонов и другой радиотехники, а главное персональных ЭВМ и других электронных устройств иногда значительной мощности появился еще один вид загрязнения, так называемый “электронный смог”, заключающийся в высокой концентрации микроволн, которая способна оказывать негативное влияние на здоровье человека. Особо опасно действие электромагнитных излучений от линий электропередач: данными, полученными специалистами США, где более 3млн км ЛЭП, установлено отрицательное влияние излучений на биологические процессы в организмах, активность гормональных реакций, синтез генетического материала, поток химических веществ и т.д. Это вызывает необходимость пересмотра планируемых трасс ЛЭП, их перемещение, исключить строительство жилья ЛЭП.

Во всех развитых странах мира приняты законы об охране атмосферного воздуха, такой законопроект, внесенный Правительством России сейчас рассматривается Федеральным собранием. Улучшение качества воздуха на территории России имеет не только несомненное экологическое, но и очень важное социально-экономическое значение. Это обусловлено прежде всего неблагоприятным состоянием воздушного бассейна мегаполисов, крупных городов и промышленных центров, в которых проживает основная часть квалифицированного и трудоспособного населения стран.

## **Глава 17. Воздействие на гидросферу**

Вода, как было показано выше, представляет собой одну из наиболее важных компонент, обеспечивающих жизнь на нашей планете. Вода прошла сложный эволюционный процесс вместе с биосферой и является ее неотъемлемой составной частью и, обладая же рядом аномальных свойств, влияет на протекающие в экосистемах сложнейшие физико-химические и биологические процессы. Нелишнее упомянуть, что к таким свойствам относятся очень высокие и максимальные среди жидкостей теплоемкость, теплота плавления и теплота испарения, поверхностное натяжение, растворяющая способность и диэлектрическая проницаемость, прозрачность. Кроме того, для воды характерна повышенная миграционная способность, определяющая ее взаимодействие с другими, в том числе и вмещающими средами. Перечисленные свойства создают потенциальную возможность накопления в воде очень высоких количеств самых разнообразных загрязняющих веществ, в том числе патогенных микроорганизмов.

Но дело не только в загрязнениях, с водой у человека и у человечества весьма сложные отношения. Человек в последние десятилетия стал оказывать существенное влияние на гидросферу и водный баланс планеты. Антропогенные преобразования вод континентов уже достигли глобальных вод континентов, уже достигли глобальных масштабов, нарушая естественный режим даже крупнейших озер и рек земного шара. Этому способствовали: строительство гидротехнических сооружений (водохранилищ, оросительных каналов, систем переброски вод), увеличение площади орошаемых земель, обводнение засушливых территорий, урбанизация, загрязнение пресных вод промышленными, коммунальными стоками и т.д. В настоящее время в мире эксплуатируется и строится около 30 тысяч водохранилищ (объемом каждое более 1 млн.м<sup>3</sup>), объем вод которых превысил 6000 км<sup>3</sup> (это 6 искусственных бассейнов, подобных бывшему Аральскому морю в состоянии на 1960 г.). Но 95% этого объема приходится на крупные (объемом более 100 млн.м<sup>3</sup>) водохранилища (табл...). Из таблицы видно, что в мире имеется 2442 крупных водохранилища, при этом их наибольшее количество на Северную Америку - 887 (из них только в США - 689) и Азию - 647 (из них в Индии - 202, Китае - 147). На территории бывшего СССР было построено 237 крупных водохранилищ, в том числе самое крупное в мире по объему вод водохранилище долинного типа - Братское (объемом 169 км<sup>3</sup>) и второе в мире по площади зеркала - Куйбышевское (5900 км<sup>3</sup>).

В целом, хотя площади водохранилищ в мире составляют всего 0,3% земельных угодий, но при этом увеличивают устойчивый речной сток на 27% и в то же время возникают некоторые сопутствующие эксплуатации водохранилищ негативные процессы: изменяют режим грунтовых вод, их акватории занимают значительные участки плодородных в т.ч. земель, влекут за собой засоление почв и т.д. Создание водохранилищ и крупных ГЭС оказало негативное влияние на режим многих речных систем, в частности, сооружение Волжско-Камского и Днепровского каскадов водохранилищ превратило великие самоочищающиеся реки в непрерывную цепь водоемов с очень осложненной экологической обстановкой и создало новые антропогенные водные экосистемы.

В России крупные водохранилища (90% из 237 в бывшем СССР), имеющие площадь зеркала 15 млн.га, занимают около 1% ее территории, но из этой величины 60-70% составляют затопленные земли. В России созданы крупные системы переброски воды для целей водоснабжения и орошения (В.И.Данилов-Данильян, 1994). Их перечень показан в табл. .. Все эти гидротехнические сооружения привели к деградации речных экосистем, особенно рек Европейской части, Урала, Юга России, где сосредоточена только одна четверть стока рек, о водозабор составляет три четверти от суммарного общего водозабора.

В связи с этим необходимо остановиться на водопотреблении, как одном из экологических факторов, активно влияющих на устойчивость экосистем. В целом под водопотреблением понимают использование водных ресурсов для удов-

Таблица

Системы переброски воды в Европейской части России  
(В.А.Вронский, 1996)

Канал или гидротехническая система	Год ввода	Длина, км	Объем переброски, км <sup>3</sup> /год	Основное назначение
Канал им.Москвы	1937	128	2,3	Водоснабжение
Вышневолоцкая система	1946	18	0,9	Транспорт
Невинномысский канал	1946	46	1,3	Орошение
Волго-Донской канал	1952	101	0,6	Транспорт орошение
Большой Ставропольский канал	1957	159	5,7	Орошение
Донской магистральный канал	1958	112	1,0	Орошение
Терско-Кумский канал	1961	150	1,0	Орошение
Кубань-Калаусская система	1962	159	1,6	Орошение
Волга-Уводь, канал	1966	78	0,2	Водоснабжение
Волго-Балтийский водный путь	1966	361	1,2	Транспорт
Вазузская гидротехническая система	1976	190	0,8	Водоснабжение

Таблица

Количество и объем крупнейших водохранилищ мира  
(В.А.Вронский, 1996)

Части света, материка, страны	Количество водохранилищ	Полный объем водохранилищ (м <sup>3</sup> )
1. Европа	512	586,2
в том числе быв. СССР	132	407,7
другие страны Европы	380	178,5
2. Азия	647	1536,3
в том числе быв. СССР	105	765,6
Зарубежная Азия	542	770,0
в том числе Китай	147	237,3
Индия	202	226,9
3. Африка	115	884,7
в том числе Египет	2	149,0
Гапа	1	148,7
4. Северная Америка	887	1677,3
в том числе США	689	778,9
Канада	140	770,5
Мексика	140	127,9
5. Южная Америка	211	688,7
в том числе Бразилия	92	352,6
Аргентина	32	112,6
Венесуэла	16	143,9
6. Австралия и Океания	70	75,7
в том числе Австралия	60	70,0
Всего в мире	2442	5448,9



Таблица

Поступление нефтеуглеводородов в морскую среду  
(по В.А.Вронскому, 1996 г.)

Источник загрязнения	Количество сброса	
	млн.т	%
Танкерный флот	1,46	48,3
в том числе:	0,55	18,2
- сброс нефтесодержащих вод с балластом при мойке танкеров		
- погрузочно-разгрузочные операции	0,42	13,9
- обслуживание в боках, работа двигателя, утилизация	0,19	6,2
- аварии танкеров	0,30	10,0
Остальное судоходство	0,50	16,5
Добыча нефти не шельфе	0,05	1,7
Атмосферный перенос континентов	0,30	10,0
Речной сток	0,04	1,3
Неочищенные промышленные воды	0,20	6,6
Прибрежная нефтеперерабатывающая промышленность	0,10	3,3
Дождевая вода с городских территорий	0,12	4,0
Естественные утечки нефти со дна	0,25	8,3
ИТОГО	3,02	100

летворения нужд населения, промышленности, сельского хозяйства и т.д. Различают: возвратное водопотребление - с возвращением забранной воды в источник (промышленность, водохранилища, коммунальное хозяйство) и безвозвратное водопотребление - с расходом ее на фильтрацию, испарение и т.п. (в основном сельское хозяйство). Хотя запасы речных вод невелики (всего 1200 км<sup>3</sup> ими 0,0001% объема всей гидросферы), но обладая значительной способностью к возобновлению и самоочищению, они обеспечивают основной объем потребляемой воды в быту и хозяйстве. (В.А.Вронский, 1996 с.178).

По А.Н.Тетиору (1992, с.19-20) сейчас ежегодно на бытовое промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение расходуется до 3500 км<sup>3</sup> пресной воды, причем ежегодный прирост составляет -10 млрд.м<sup>3</sup>. Безвозвратно потребляется около 150 км<sup>3</sup> в год, остальная же вода возвращается в виде стоков. Наибольший объем пресной воды потребляется в сельском хозяйстве - около 70% всего потребления. В химической промышленности на производство 1 т азотной кислоты уходит более 100 м<sup>3</sup> воды, на изготовление 1 т синтетического волокна и пластмасс - около 1000 м<sup>3</sup>. В металлургии на производство 1 т чугуна требуется 200 м<sup>3</sup> воды, 1 т никеля - 4000 м<sup>3</sup>. Электростанция мощностью 1 млн. кВт использует до 62,5 млн.м<sup>3</sup> воды в год, а для охлаждения турбогенераторов всех тепловых станций в мире расходуется около 250 км<sup>3</sup> пресной воды.

Бытовое потребление воды в современном городе составляет от 200 до 300 л на человек, поэтому город с населением 3 млн. человек в сутки потребляет до 20 млн.м<sup>3</sup> воды, а в год - до 1 км<sup>3</sup>, причем к качеству бытовой воды предъявляются высокие требования по совокупности органолептических качеств.

В начала XX века произошло резкое увеличение водопотребления (почти в 7 раз). На рис... показана динамика водопотребления в мире по видам хозяйственной деятельности. В 1900 году площадь орошаемых земель в мире составляла 47 млн. га, а к настоящему времени уже достигла 347 млн.га. Примечательна динамика водопотребления по отдельным континентам, с начала XX века к настоящему времени в Европе она возросла в 18 раз, в Северной Америке - в 12, в Азии - в 8 раз. Причем наибольшая величина водопотребления приходится на Азию - 3140 км<sup>3</sup>/год (или 60% от общемирового), где располагаются основные орошаемые площади земного шара, на Северную Америку - 796 км<sup>3</sup>/год (более 15%), Европу - 673 км<sup>3</sup>/год (13% от мирового водопотребления). В табл. показана ситуация динамики водопотребления на территории бывшего СССР: к настоящему времени с начала века оно возросло более чем в 9 раз, при этом основной потребитель воды опять же сельское хозяйство - (57%). Потребление воды на промышленные нужды составляет около 30%;

на коммунальное хозяйство - 8%. Несколько иное положение в России: в 1991 году водопотребление составило 117 км<sup>3</sup> из которых на нужды промышленности используется 53%, на сельское хозяйство - более 20%, на хозяйственно-питьевые нужды - 15% и т.д.

На многих реках России водозабор превысил все допустимые нормы и сейчас составляет более 50% от среднего многолетнего стока (о.Кубань, дон, Терек, Урал, Исеть, Миасс и др.). На р.Дон - водозабор составил 64%, причем более 60% его приходится на маловодный летний период.

Основной объем воды (около 96%) сосредоточен в Мировом океане. Воды суши, представляющие наибольший интерес в экологическом отношении, разделяются на не защищенные от загрязнения поверхностные (озера, водохранилища, водотоки, и более защищенные подземные воды).

В естественных условиях химический состав вод регулируется природными процессами. Поддерживается равновесие между поступлением химических элементов в воду и выведением их из нее. Лишь на отдельных (обычно небольших) участках наблюдаются аномальные концентрации некоторых микроэлементов. Антропогенное изменение химического состава вод обусловлено попаданием в гидросферу огромного количества сточных вод, содержащих отходы промышленного и сельскохозяйственного производства, коммунально-бытовые стоки. Они уменьшают в реках, озерах и грунтовых водах количество растворенного кислоро-

Таблица

Динамика водопотребления по видам хозяйственной  
деятельности на территории бывшего СССР  
(по В.А.Вронскому, 1996) (км<sup>3</sup>/год)

Водопотребитель	1900 г.	1940 г.	1960 г.	1970 г.	1980 г.	1990 г.	2000 г.
Сельское хозяйство	<u>41,6</u>	<u>79,6</u>	<u>92,4</u>	<u>130,5</u>	<u>193,6</u>	<u>227,4</u>	<u>250,5</u>
	26,4	47,6	48,6	60,2	85,7	128,2	205,2
Промышленность	<u>1,0</u>	<u>10</u>	<u>29</u>	<u>70</u>	<u>110</u>	<u>122</u>	<u>130</u>
	0,1	1,0	3,0	5,0	13,0	23,5	34,0
Коммунальное хозяйство	<u>1,6</u>	<u>3,0</u>	<u>5,0</u>	<u>9,7</u>	<u>20,3</u>	<u>30</u>	<u>34</u>
	0,6	0,8	1,0	2,0	5,7	6,6	7,0
Водохранилища	<u>0</u>	<u>0,5</u>	<u>6,6</u>	<u>14,6</u>	<u>19,5</u>	<u>21,3</u>	<u>23,4</u>
	0	0,5	6,6	14,6	19,5	21,3	23,4
В целом	<u>44</u>	<u>93</u>	<u>133</u>	<u>225</u>	<u>343</u>	<u>400</u>	<u>440</u>
	28	50	71	107	166	266	270

Примечание: в числителе - полное водопотребление, в знаменателе - безвозвратные потери.

да, изменяют условия разложения органических веществ, увеличивают концентрации азота, фосфора, различных металлов, хлорорганических соединений и прочих ядохимикатов, т.е. в конечном счете влекут за собой ухудшение качества воды.

Качество воды - это характеристика состава и свойств воды, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования. Качество воды оценивается комплексом разнообразных показателей. Большинство показателей применяется для оценки любого происхождения и назначения. Однако в зависимости от степени загрязненности воды и вида водопользования число и набор показателей, достаточных для характеристики ее качества может существенно изменяться. Основными показателями качества воды являются ионный состав, общее солесодержание, цветность, запах и вкус, жесткость, щелочность, содержание железа, марганца и некоторых других элементов.

Под истощением вод понимается сокращение количества воды в водном объекте, происходящее под влиянием человеческой деятельности и носящее устойчивый характер. Зачастую недостаток пресной воды обусловлен качественным истощением водных ресурсов, т.е. загрязнением и засорением водотоков и водоемов различными химическими веществами и "мусором".

Водотоки и водоемы считаются загрязненными, если состав или состояние их вод видоизменены в результате деятельности человека до такой степени, что они стали непригодными для целей, которым они служили до начала их использования человеком. Загрязнение поверхностных природных вод - это процесс изменения физических, химических или биологических свойств природных вод при попадании в них различных веществ, который может оказать вредное воздействие на человека и природу, а также ограничить возможность использования воды. Веществом, загрязняющим воду, является каждое соединение, вызывающее нарушение норм качества воды.

Под засорением поверхностных природных вод следует понимать поступление в водотоки и водоемы посторонних нерастворимых предметов, например, древесины, металлолома, шлака, строительного мусора и т.д. Серьезный вклад вносит в засорение лесосплав. Около 90% древесины, заготавливаемой в нашей стране, транспортируется по воде. Современный объем лесосплава составляет 130 млн.м<sup>3</sup> в год; для него используются более 2000 рек, 250 озер, 11 крупных водохранилищ. Лесосплав не предъявляет к качеству воды требований, но сам является

источником загрязнения водотоков затонувшей древесиной и различными попутными отходами. Потери при молевом сплаве нередко достигают 30% первоначального количества древесины, что является серьезным фактором ухудшения качества воды, в частности, для рыбного хозяйства.

Загрязнение природных вод обусловлено многими причинами как природного, так и техногенного характера. Источниками загрязнения поверхностных и подземных вод являются химические вещества, микроорганизмы или тепло. Наибольший вред наносят сточные воды бытовой и производственной деятельности человека. В прошлые времена загрязненных сточных вод было относительно мало и они были преимущественно коммунально-бытового происхождения. Такие воды многократно разбавлялись большим количеством чистой воды рек, а процессы самоочищения освобождали воды от загрязняющих веществ. В современном индустриализованном обществе положение существенно изменилось: резко увеличилось водопотребление, увеличилось количество стоков, значительно расширился состав загрязнителей, и, наконец, запасы чистой воды для разбавления и самоочищения стали катастрофически сокращаться.

Примеси, поступающие в водные объекты, можно подразделить на минеральные, органические и биологические. К минеральным загрязняющим веществам относятся песок, глина, различные золы, шлаки, растворы солей, кислот, щелочей, эмульсии масел, радиоактивные и другие неорганические соединения. Органические загрязнители - это разнообразные вещества растительного и животного происхождения, а также многочисленные отходы в виде смол, фенолов, красителей, спиртов, альдегидов, серо- и хлорсодержащих органических соединений и т.д. Биологические загрязняющие вещества играют особую роль в жизни водоемов. С бытовыми сточными водами и стоками некоторых производств в водоемы и водотоки попадают болезнетворные бактерии и вирусы, возбудители инфекций.

Качество природных вод во многих районах Земли ухудшилось настолько, что использовать их для водоснабжения невозможно. Это объясняется не только неуклонным ростом безвозвратного водопотребления, а возрастанием объема все более разнообразных стоков различного происхождения.

Для разбавления одного кубометра неочищенных сточных вод необходимо 20-30 м<sup>3</sup> (а в некоторых случаях на 3-5 порядков выше) природной чистой воды. В настоящее время около половины всех сточных вод мира сбрасывается в реки и моря неочищенными. Например, ежедневно со сталелитейных заводов Чикаго в озеро Мичиган поступает 378,5 млн. литров сточных вод, содержащих 0,8 т цианидов; 7,6 т аммиака; 0,84 т взвешенных веществ и 8,5 т нефти. В сточных водах одного целлюлознобумажного комбината средней мощности, содержится такое же количество органических веществ, как в сточных водах города с населением в 2,5 млн. человек. О составе сточных вод нефтеперерабатывающих заводов дает представление следующая таблица...

Специфическими токсическими свойствами обладают сточные воды содовых, сернокислотных, азотно-туковых заводов, электрохимических производств, заводов черной металлургии, машиностроительных предприятий, рудников по добыче руд, содержащих цветные металлы. Эти стоки содержат оксиды, гидроксиды, соли тяжелых металлов, цианиды, роданиды, щелочи, мышьяк. Столь же опасны сточные воды химических, коксохимических, газосланцевых предприятий, содержащих смолистые вещества, фенолы, меркаптаны, органические кислоты, альдегиды, спирты, красители. Свой вклад вносят горнодобывающие предпри-

Таблица

Состав сточных вод нефтеперерабатывающих заводов  
(по А.А.Беккеру и Т.Б.Агаеву, 1989)

Показатель	Концентрация, мг/л		
	Средняя	Минимальная	Максимальная
рН	7,7	7,0	8,1
Окисляемость	180,0	75,0	200,0
Сульфаты	127,1	81,0	192,5

Сероводород	-	Следы	8,0
Плотный остаток	950	688	1532
Механические примеси	150	59	260
Нефтепродукты	10000	814	41500

ятия. Так, в США из угольных шахт ежегодно в водоемы попадает до 3 млн. т серной кислоты.

Особый вид загрязнения водных объектов - тепловое, которое вызывается сбросом в реки или водоемы нагретой воды, используемой для охлаждения агрегатов промышленных предприятий, тепловых и атомных электростанций. В местах выхода теплых вод образуются зоны, в которых температура выше, чем во всем водоеме: около +12<sup>0</sup>С зимой и +30<sup>0</sup>С летом. Это приводит к повышенному накоплению органических веществ в воде, что отрицательно сказывается на устойчивости водных экосистем. Тепловое загрязнение стимулирует рост водорослей, вызывающих "цветение" водоемов (массовое развитие фитопланктона, что изменяет окраску воды).

Значительное количество загрязняющих веществ сбрасывается в реки и водоемы с коммунально-бытовыми стоками, т.е. со сточными водами городов и других населенных пунктов; объем этих стоков нарастает вслед за ускоряющейся урбанизацией. Бытовые стоки имеют сравнительно постоянный качественный состав, но характеризуются неравномерностью сбросов.

В последнее время все более возрастающее внимание уделяется вопросам поверхностного стока с городских территорий. По степени загрязненности поверхностный сток с городских территорий соответствует бытовым сточным водам, а в некоторых случаях даже превосходит их по отрицательным характеристикам (табл....). Качественная и количественная характеристики стока зависят от благоустройства городских территорий и городов. Наиболее характерным компонентом поверхностного стока являются взвешенные вещества, содержание которых может изменяться от 150 до 11300 мг/л и более.

Помимо взвешенных веществ в состав стока входят различные растворенные химические вещества и биогенные элементы. Органическое вещество в поверхностном стоке (как, впрочем, и во всех природных водах) имеет настолько разнообразный состав, что его охарактеризовать химически довольно затрудни-

Таблица

Состав поверхностного стока с территории некоторых городов России (по А.А.Беккер, 1989)

Показатель	Москва	Астрахань	Воронеж
Запах	-	нефтяной	гнилостный
pH	7,0-8,0	8,6-9,4	7,8-8,0
Взвешенные вещества, мг/л	65-245	215-281	39-90
Сухой остаток, мг/л	1088-1935	-	200-266
Прокаленный остаток, мг/л	314-870	42,2-138,6	22,4-86,0
Окисляемость бихроматная, мг/л	15,3-21,6	57,6-195,0	60,2-120,0
БПК <sub>5</sub> , мг/л	-	-	187-249
Нефтепродукты, мг/л	12-17,5	95-197	45-52
Сульфаты, мг/л	-	195-212	48-55
Хлориды, мг/л	51-190	323-451	91-111

тельно. Поэтому оценку уровня загрязнения производят косвенным образом, используя тест на биохимическую потребность в кислороде (БПК<sub>5</sub>), который позволяет определить количество кислорода, расходуемого в процессе бактериального разложения органического вещества за 5 суток при стандартных условиях. Для этой же цели иногда используют тест на химическую потребность в кислороде (ХПК), но он характеризует общее содержание органики, а не ту часть, которая более

легко разлагается бактериями, и не дает представления о скорости потребления кислорода. ХПК дождевого стока может изменяться в пределах 30-1500 мг кислорода на 1 л, а БПК<sub>5</sub> в пределах 3-150 мг кислорода на 1 л.

Поверхностный сток с освоенных хозяйственной деятельностью человека территорий формируется выпадающими атмосферными осадками, поливными и моечными водами и зависит от продолжительности периода сухой погоды.

Концентрация загрязняющих компонентов колеблется в широком диапазоне в зависимости от отраслевой принадлежности предприятия. Усредненные данные о составе отдельных компонентов в поверхностном стоке с территории промышленных предприятий представлены в таблице...

Таблица

Средний состав отдельных компонентов в поверхностном стоке с территории промышленных предприятий (по Беккер А.А., 1989)

Сток	Взвешенные вещества, мг/л	Органические вещества, мг/л	Окисляемость, мг/л	БПК <sub>5</sub> , мг/л	Эфирорастворимость, мг/л	Хлориды, мг/л
Дождевой	2500	670	60	110	80	110
Талый	2700	950	180	125	150	32
Поливомоечный	5200	1800	60	115	57	34

Одним из опасных загрязняющих водные ресурсы веществ стали в настоящее время поверхностно-активные вещества (ПАВ). Эти вещества снижают способность воды к насыщению кислородом, парализуют деятельность микроорганизмов, разрушающих органические вещества; сами же ПАВ плохо поддаются биохимическому разложению.

Важным источником загрязнения внутриконтинентальных водотоков и водоемов следует считать речной транспорт, с которого поступают подсланевые воды, содержащие нефтепродукты, отработанные масла и канцерогенные полициклические углеводороды, хозяйственно-бытовые стоки и сухой мусор с судов, нефть и другие жидкие и твердые отходы и т.д.

В последние годы в связи с нарастающими объемами сельскохозяйственного производства все большую значимость приобретает проблема загрязнения природных вод поверхностным стоком с полей, лесов и других угодий. Условно загрязнение природных вод этим видом стока можно подразделить на три группы:

- биогенные вещества, поступающие в реки и водоемы в результате вымывания удобрений из почвы;
- ядохимикаты (пестициды, инсектициды, гербициды, дефолианты и др.), смываемые с полей или распыляемые с самолетов;
- продукты водной эрозии почв, включающие в себя органические и неорганические вещества, а также ядохимикаты.

Около половины, аккумулируемых в реках твердых материалов смывается с сельскохозяйственных земель (более 4 млрд т/год). Отходы животноводства в США составляют более 1 млрд т/год, которые являются основным поставщиком азота в поверхностные и подземные воды.

Таблица

Концентрации ( $10^{-3}$  мкг/л) хлорорганических пестицидов в воде рек и озер (А.А.Беккер, 1989)

Пестициды	США	Великобритания	ФРГ
ДДТ	0,01-112	1,6-64,6	18,9
Альдрин, дильдрин	0,2-5(40)	3,3-220	3,2
Гексахлоран	0,014-25 (120)	18,7-92,5	138
Линдан, хлордан	0,1 (75)	-	127 (3400)

Примечание: В скобках приведены максимальные значения; по ФРГ указаны средние значения.

При этих концентрациях для большинства свободноплавающих организмов условия в экосистемах становятся близкими к "летальным". Концентрация полихлорированных или полибромированных бифенилов (ПХБ и PBB), близких к хлорорганическим пестицидам и по поведению и по токсичности, в реках США изменяется от 0,01 до 0,45 мг/л.

Главным источником биогенных элементов в поверхностных водах все более и более становятся удобрения. Так, средняя концентрация нитратов в поверхностных водах США составляет около 2 мг/л, а в реках Великобритании средняя годовая концентрация нитратного азота колеблется в пределах 0,4 - 6,2 мг/л, хотя отмечены повышения до 20 мг/л (А.А.Беккер, 1989 с.188-195). Одним из наиболее неблагоприятных последствий загрязнения водоемов является ускоренное повышение биопродуктивности водоемов в результате накопления в воде биогенных веществ. Это явление носит название эвтрофикации (эвтрофирование). Иногда биопродуктивность водоемов повышается и за счет естественных факторов, но, как правило, последствия его достаточно быстро компенсируются внутренними "способностями" экосистемы. Биогенные компоненты поступают в природные экосистемы как водным, так и воздушным путем; так, сейчас в мире используется свыше 30 млн т/год мыла и детергентов - фосфатосодержащих моющих веществ. В эвтрофировании водоемов принимают участие два главных биогенных элемента - азот и фосфор, которые и поступают из удобрений. Также важным источником фосфора в водные экосистемы служат атмосферные аэрозоли, формирующиеся предприятиями теплоэнергетики; при сжигании твердых бытовых отходов на мусоросжигательных заводах; от выбросов заводов по производству удобрений. Много фосфора поступает в атмосферу, а затем попадает в водоемы с осадками, от такого антропогенного фактора, как эоловая эрозия почвенного покрова - от 3700 до 6600 тыс. т/год. Только сжигание твердого ископаемого топлива поставляет в атмосферу до 60 тыс. т/год. Зачастую из атмосферы в водоемы биогенов (особенно фосфора) поступает больше, чем с поверхностным стоком.

В целом эвтрофирование водоемов является естественным процессом, но его развитие следует оценивать в рамках времени геологических процессов. Так, если растительные остатки, отходы жизнедеятельности животных и человека возвращаются в исходную почву, то образуется замкнутый круговорот биогенных веществ. Однако за последние 10-20 лет произошло резкое увеличение использования биогенных компонентов, что в конечном счете нарушило имеющийся их круговорот и привело к возникновению процессов антропогенного эвтрофирования с весьма уменьшенным временным масштабом - до нескольких десятилетий к значительно меньше. Данный процесс затронул многие крупнейшие пресноводные озера Европы (Ладожское, Женевское, Балатон и др.), США (Великие Американские озера), Канады, Японии и т.д.

По данным Б.Хендерсона-Селлерса и Х.Маркленда (1990) основными критериями для характеристики процесса эвтрофикации водоемов являются:

- уменьшение концентрации растворенного кислорода в водной толще;
- увеличение концентрации биогенных веществ;
- увеличение содержания взвешенных частиц, особенно органического происхождения;
- последовательная смена популяций водорослей с преобладанием синезеленых и зеленых водорослей;
- уменьшение проникновения света (или возрастание мутности воды);
- увеличение концентрации фосфора в донных отложениях;
- значительное увеличение биомассы финопланктона (при уменьшении разнообразия видов) и т.д.

Изменения физико-химических и биологических параметров состояния конкретного водоема могут оказать влияние на характер трофических связей и состав гидробионтов. Так, увеличение поступления биогенных веществ (особенно азота и фосфора) в Великие Американские озера привело к их эвтрофированию, при этом особенно пострадали оз. Эри и оз. Мичиган; статус олиготрофного водоема пока сохранили оз. Гурон и оз. Верхнее. В эвтрофированных озерах произошла перестройка в трофических цепях: в фитопланктоне доминирующую роль приобрели

синезеленые доросли, а это в свою очередь привело к смене зоопланктона и в конечном итоге сказалось на составе ихтиофауны (американская селедка вытеснила высокосортные породы рыб - хариуса, сига, головня). Аналогичные процессы происходят в Женевском, Ладожском, Балатоне и других крупных озерах суши. Интенсивно идут процессы эвтрофирования в крупнейшем озере Японии - Бива, в котором за последние годы биомасса фитопланктона возросла более, чем в 10 раз. Обилие азота и фосфора в водной толще способствовало размножению перидиниевых водорослей, что привело к возникновению ежегодных "красных приливов" (с апреля по июнь). Цветение воды резко ухудшило ее качество и создало трудности для водоснабжения прилегающих населенных пунктов.

Иногда на активизацию процесса эвтрофирования (помимо поступления биогенных веществ) могут оказывать и другие антропогенные факторы. Например, создание Севано-Разданского ирригационно-энергетического комплекса (1936-1977 гг.) привело к значительному понижению (более чем на 18 м) уровня оз.Севан. Это в свою очередь повлекло рост биопродуктивности водоема и накопление автохтонного органического вещества в данных осадках. "Цветение воды" вызвало к жизни новый источник накопления запасов азота в водоеме - за счет фиксации атмосферного азота синезелеными водорослями, что и способствовало усилению эвтрофирования. Переход озера Севан в статус эвтрофного водоема привел к дестабилизации его экосистемы и к значительной перестройке структуры трофических связей гидробионтов. Процессы эвтрофирования также охватили многие речные экосистемы (особенно малые реки), замкнутые и полузамкнутые морские бассейны. Особенно пострадало Балтийское море, в котором в 30-х годах в донных осадках отсутствовал сероводород, а в 1975 г. - площадь сероводородной зоны достигла 84 тыс.км<sup>2</sup>. Как уже отличалось, во многих морях участились "красные приливы", связанные с чрезмерным сбросом в них органических веществ и массовой вспышкой пиропитовых водорослей (динофлагеллят).

"Эпидемия" антропогенного эвтрофирования водных экосистем привлекла внимание к древнейшим организмам, появившимся еще в архее (2-3 млрд. лет назад) - к синезеленым водорослям. В настоящее время их около 2000 видов, причем они повсюду - широко распространены в водоемах, в почве и т.д. Основными их питательными веществами являются фосфор и азот, причем потребность в последнем они удовлетворяют за счет азотфиксации, а фосфор - только из воды. Продуктивность синезеленых водорослей в водоемах умеренной зоны всегда лимитировалась низкой концентрацией фосфора в воде, но так было до середины XX века. Бурное развитие промышленности, широкое применение минеральных удобрений, производство моющих средств (на фосфорной основе), отходы животноводства и многие другие антропогенные причины привели к резкому увеличению в водоемах биогенных веществ. Это привело к массовой вспышке синезеленых водорослей в водоемах и в конечном счете к их деградации (ухудшение качества воды, изменение состава гидробионтов, заморы рыб и др.).

Первое научное упоминание токсичного цветения в пресноводных водоемах Австралии, вызвавшего гибель овец, лошадей, свиней, собак сделал в 1878 г. Дж.Френсис. С тех пор появилось множество свидетельств таких токсичных цветений в различных водоемах мира. Так, в нашей стране токсичность синезеленых водорослей во время их цветения установлена в Киевском водохранилище, на р. Днепр, в Куршском заливе Балтийского моря и т.д. Особенно им благоприятствуют в умеренных широтах подогрев воды в водохранилищах - охладителях и замедленный водообмен (они плохо переносят быстрые течения). По данным ряда специалистов синезеленые водоросли в результате своей жизнедеятельности производят сильнейшие токсины (алкалоиды, низкомолекулярные пептиды и др.), которые сами не используют, но они, попадая в водную толщу, представляют опасность для живых организмов и человека. Токсины могут вызывать цирроз печени, дерматиты у людей, отравление и гибель животных. Поэтому основным ограничивающим фактором "цветения" синезеленых водорослей является уменьшение сброса биогенных веществ (в основном фосфора) в водные экосистемы. Эвтрофирование водоемов стало серьезной глобальной экологической проблемой.

В связи с непрерывно возрастающим загрязнением поверхностных вод подземная гидросфера становится практически единственным источником хозяйственно-питьевого



водоснабжения населения. Поэтому их охрана от загрязнения и истощения, рациональное использование имеют важнейшее экологическое значение. Положение усугубляется тем, что пригодные для питья подземные воды залегают в самой верхней, наиболее подверженной загрязнению части артезианских бассейнов и других гидрогеологических структур, а реки и озера составляют всего 0,019% общего объема воды. Опасность загрязнения подземных вод заключается в том, что подземная гидросфера (особенно артезианские бассейны) является конечным резервуаром накопления загрязнителей как поверхностного, так и глубинного происхождения. Долговременный, во многих случаях необратимый характер имеет загрязнение бессточных водоемов суши.

Исследования, проведенные за рубежом и в России, выявили положительную корреляционную связь между степенью загрязнения питьевой воды и здоровьем человека. Известен факт, что в 1986 году в штате Южная Дакота (США) из-за употребления загрязненной нитратами колодезной воды умер двухмесячный ребенок вследствие метгемоглобинемии (так называемый “синдром голубого ребенка”), которая связана с тем, что в крови человека нитраты переводят двухвалентное железо гемоглобина в трехвалентное и кровь теряет способность к переносу кислорода. Особо опасны нитраты в питьевой воде для детей до 12 лет. В кислой среде нитраты образуют с вторичными аминами нитрозамины, многие из которых канцерогенны. Нитраты и нитриты провоцируют эмбриональную анемию. Повышенное содержание этих соединений в растениях способствует накоплению тяжелых металлов. Широко распространенные кариес зубов и флюороз обусловлены соответственно недостатком и избытком фтора в питьевой воде. Не меньшей проблемой является недостаток йода в воде из-за развития заболеваний щитовидной железы, особенно у сельских жителей. Такие районы известны от Крайнего Севера до Северного Кавказа на Европейской части России, включая Подмоскovie. Длительное же употребление воды с дефицитом йода влечет за собой умственную и физическую отсталость. Исследованиями в США установлена положительная связь рака мочевого пузыря с употреблением питьевой воды с высокой концентрацией хлора (в штате Массачусетс за 6 лет зафиксировано 1000 летальных исходов данного заболевания). Предполагается, что это связано с образованием в хлорированной воде хлорпикрина. Серьезной проблемой оказалась, например, для Греции и Китая превышение в питьевой воде обычных концентрации селена. Ввиду того, что водоемы являются конечным пунктом перемещения стойких пестицидов, употребление загрязненной воды из них для питья приводит к весьма обширному списку заболеваний, некоторые обладают влиянием на генетический аппарат. Особую опасность представляет загрязнение питьевой воды микроорганизмами, которые категорируются как патогенные и способны к формированию эпидемических вспышек среди населения и домашних животных. Отмечены случаи эпифитотий у культурных растений

В настоящее время загрязнены важнейшие реки и озера в промышленных и наиболее населенных регионах России. В результате сброса сточных вод в реки уменьшается их прозрачность, возрастает минерализация, увеличивается содержание меди, хрома, никеля, сероводорода, нефти, фенола и т.д. Измененный химический состав прослеживается часто на значительном расстоянии от источников загрязнения.

С промышленными и сельскохозяйственными сточными водами в водоемы и водотоки попадают многие токсичные соединения. Некоторые из них обладают кумулятивными свойствами, что проявляется как бы в “отложенном” временном выражении после накопления в организмах. Металлы, попадая в водоемы, отрицательно влияют на гидрохимические процессы самоочищения, замедляют восстановление качества воды в реке.

**Загрязнение Мирового Океана.** Выше мы отмечали колоссальное экологическое значение Мирового Океана в функционировании биосферы Земли. Он представляет собой географический объект со специфическим геологическим и геоморфологическим строением, геохимическими и физико-химическими процессами, которые протекают в толще вод и донных отложений; отличается особым характером обмена энергии, вещества информации в процессах взаимодействия с атмосферой и поверхностью литосферы – дном; своим растительным и животным миром.

Общеизвестно, что вода в океане соленая. Морская вода - это многоэлементный раствор и к тому же питательный раствор, в котором природа выращивает миллиарды тонн растительного вещества. Масса растворенных солей достигает астрономической величины - 48 млрд.т; при этом на долю хлористого натрия приходится 38 млрд.т. Самое удивительное в этом растворе - не огромное количество солей, а постоянство их соотношения между собой. Соленость меняется в зависимости от испарения, речного стока и атмосферных осадков, но состав солей это глобальная константа. Средняя соленость воды океана - 35%. В открытом океане она практически неизменна.

Однообразие состава солей указывает на единство Мирового океана, на неразрывную связь между его отдельными частями, но в то же время это по-существу загадка. Химический состав воды в реках, стекающих в океан на ранних стадиях существования планеты был близок к составу нынешней океанской воды, а теперь в связи с изменением минерального состава суши произошло изменение и речных вод. Речные воды теперь несут меньше хлористых соединений, но больше карбоната кальция и в связи с этим неясным остается причина сохранения высокой концентрации хлоридов в океане и куда же все-таки расходуется преобладающий в речной воде кальций. На протяжении многих сотен миллионов лет (по мнению академика А.П.Виноградова от 2 до 2,5 млрд. лет) поддерживается баланс минеральных веществ, определяющих соленость Мирового океана. Как установлено за 37 тысяч лет реки могут вынести в океан такое количество воды, которое равно его объему. На протяжении геологической истории Земли такие периоды повторялись бесконечно большое число раз. При существующей разнице в солевом составе речной и морской воды, соленость морской воды за это время должна была бы измениться коренным образом, однако этого не произошло. Это то же одна из неразрешенных загадок.

В составе морской воды обнаружено более 70 химических элементов, а также органическое вещество (гумус), детрит и живые организмы, которые находятся как в растворенном, так и во взвешенном состоянии. Образование и разложение органики в океане имеют встречные векторы, поэтому в океане не происходит ни ее чрезмерной убыли или накопления. Содержание растворенного органического вещества в Атлантическом и Тихом океане к примеру в среднем равно 2 мг на 1 кг воды, а во внутриконтинентальных морях (Каспийское море - 6 мг, Азовское море - 10 мг). В "жидкую почву" океана ежегодно поступает 11,6 млрд. т гумуса, а в среднем в океане содержится 2000 млрд. т растворенного органического вещества.

Главными газами, растворенными в морской воде, являются азот, кислород и диоксид углерода. Содержание азота существенно меньше, чем в атмосфере; его используют только нитрифицирующие бактерии, живущие на дне или в природном слое.

Кислорода в морской воде содержится при температуре 10°C в полтора раза больше, чем в воздухе. Годовой расход кислорода на дыхание и окислительные процессы в океане составляет 35 млрд. т.

Совершенно особое положение в морской воде занимает диоксид углерода, который содержится в растворенном виде, как свободная угольная кислота и угольная кислота в соединении с кальцием, магнием, другими веществами. Запас диоксида углерода в морской воде достигает 45-50 см<sup>3</sup> на 1 кг. Растения на планете ежегодно поглощают (связывают) 175 млрд. т углерода; большая часть этого огромного количества приходится на долю морской растительности, хотя как известно общая биомасса морских растений против наземной значительно меньше.

В зависимости от местных условий океан "вдыхает" и «выдыхает» газы - кислород и диоксид углерода. Подсчитано, что годовое усвоение углерода фитопланктоном в Тихом океане (без морей) составляет 9 млрд. т; на этом основании было вычислено, что фитопланктон выделяет при этом 24 млрд. т кислорода, из которых 14 млрд. т остается в растворенном виде в воде; одновременно фитопланктон потребляет 1,5 млрд. т азота, 0,2 млрд. т фосфора и 0,5 млрд. т железа.

По выполненным расчетам ежегодно в океан попадает 27080 млн. т различных веществ. Из них с твердым веществом речного стока выносятся 17444 млн.т, с растворенным веществом речного стока - 3403 млн. т, с моренным материалом ледников - 2393 млн. т, с продуктами абразии - 700 млн.т, с продуктами эолового переноса - 2000 млн. т, с растворенным веществом прямого подземного стока - 1000 млн. т, с кораблей сбрасывается 140 млн.т.

Биологические ресурсы Мирового океана являются одним из важнейших звеньев в экологической системе нашей планеты. Под этими ресурсами понимают обычно ту часть океанской биомассы, которая прямо или косвенно может быть использовано человеком в виде продуктов питания. Мировой улов рыбы и морепродуктов составляет сейчас примерно 100 млн.т в год. Кроме рыбы и морепродуктов значительную часть биологических запасов океана составляет морская растительность, которая употребляется как в пищу человеком и наземными животными, но и как сырье для многих видов промышленности.

Для восполнения недостатка пресной воды в ряде районов планеты используется опреснение морской воды. Общая производительность опреснительных установок мира к настоящему времени достигает примерно 85 млн.м<sup>3</sup>/сут.

Сегодня Мировой океан привлекает серьезное внимание человека как хранилище огромных минерально-химических и энергетических ресурсов. Во многих районах дно Мирового океана, образно говоря, устлано крупными железо-марганцевыми конкрециями, запасы которых выражаются астрономическими цифрами до 300-350 млрд. т; обнаружены месторождения меди, алмазов, каменного угля, не говоря уже о запасах нефти и газа, в частности, прогнозные оценки запасов морской нефти дают цифру в 60-150 млрд.т.

Мировой океан является источником богатейших биологических, промышленно-сырьевых и энергетических ресурсов, но их эффективное освоение возможно только в случае радикального решения проблемы защиты океанских вод от загрязнения.

Это загрязнение связано главным образом с поступлением огромного количества антропогенных вредных веществ на его акваторию (нефтяные углеводороды, биогенные компоненты, пестициды, тяжелые металлы, радионуклиды и др.). Постоянно увеличивающаяся нагрузка на Мировой океан ведет к постепенной деградации морских экосистем с неблагоприятными экологическими последствиями. В настоящее время в океан ежегодно поступает более 30 тысяч различных химических соединений в количестве до 1,2 млрд. т. На рис... показаны основные пути попадания загрязняющих веществ в моря. Это прямой сброс, поступление токсикантов с речным стоком и из атмосферного воздуха, в результате уничтожения отходов в море, а также морским транспортом и во время аварий танкеров. Атмосфера является источником поступления важнейшего для морских экосистем биогенного компонента - фосфора (1,4x10<sup>5</sup> т/год), а также синтетических органических соединений (углеводородов, ДДТ, ПХБ и др.)

В водах океана уже сконцентрировано около 500 тыс.т ДДТ и с каждым годом это количество возрастает на 45 тыс.т. Глобальное распространение получили хлорорганические соединения, обладающие высокой биоаккумулирующей способностью и резким токсичным эффектом. Степень такого воздействия на экосистему океана представлена в табл..., где видна доля антропогенного вклада в загрязнение океана приоритетными токсикантами.

Таблица

Антропогенная нагрузка на океан  
по приоритетным загрязняющим веществам (по Ю.А.Израэлю и др. 1989).

Загрязняющее вещества	Сток, т/год		Доля антропогенного стока (в%)
	естественный	антропогенный	
Свинец	1,8x10 <sup>5</sup>	2,1x10 <sup>6</sup>	92
Ртуть	3,0x10 <sup>3</sup>	7,0x10 <sup>3</sup>	70
Кадмий	1,7x10 <sup>4</sup>	1,7x10 <sup>4</sup>	50
Нефть	6,0x10 <sup>5</sup>	4,4x10 <sup>6</sup>	88
ПХБ	-	8,х10 <sup>3</sup>	100
Пестициды	-	1,1x10 <sup>4</sup>	100

**Нефтяное загрязнение** - представляет особую опасность для морских экосистем, так как по последним оценкам от 20 до 30% поверхности Мирового океана покрыто нефтяными пленками. Эти пленки, чрезвычайно тонкие, но весьма активные, способны нарушать важнейшие физико-химические процессы в океане, что приводит к весьма нежелательным последствиям глобального

масштаба, а на более низких уровнях отрицательно влияет на функционирование гидробиоценозов. Нефтяные пленки, будучи молекулярно устойчивыми, накапливаются в поверхностном слое воды, в донных осадках, морских организмах и передаваясь по трофическим цепям, создают угрозу здоровью человека при употреблении в пищу рыбы и морепродуктов. Как предполагается в морскую среду поступает около 3,5млн. т нефти и нефтепродуктов. К началу 2000 года объем ежегодных морских перевозок составляет примерно 1,8 млрд. тонн нефти из более, чем 3,5 млрд. т добываемой нефти на планете. В 1992 году танкерный флот перевез 1,3 млрд. т сырой нефти и 0,33 млрд. т нефтепродуктов. (Для справки: танкерный флот имеет численность более 6000 танкеров с суммарной грузоподъемностью которых достигает 280 млн. т). В табл...приведены основные источники загрязнения морской среды различными нефтеуглеводородами. Из этой таблицы видно, что почти 50% нефтепродуктов в виде загрязнителей поступает из танкерного флота. Поступление нефти в моря в результате аварий танкеров оценивается в 0,2-0,3 млн. т (около 10% от общего поступления). Однако на региональном уровне крупные разливы нефти означают экологическую катастрофу местного масштаба, что сопровождается массовой гибелью птиц и морских животных, упадком рыболовства и т.д. Достаточно вспомнить аварию 18 марта 1967 г. либерийского танкера "Торри Карьон" с грузом в 117 тыс.т сырой нефти у берегов Корнуэлла (Великобритания). При ликвидации аварии, для того, чтобы поджечь и таким образом уничтожить вылившуюся нефть, танкер бомбами с воздуха. Было сброшено около 100 бомб, 47 т напалма и 90 м керосина. В результате погибло только морских птиц более 8000. Аналогичные аварии с разливом большого количества нефти отмечались и в последующие годы: в 1970 г - 29, в 1989 г. - 11, в 1991 г. - 7.

Концентрация нефтепродуктов в различных районах Мирового океана колеблется в широких пределах:

Тихий океан (северо-западная часть) - 0-200 мкг/л

Атлантический океан (северо-восточная часть) - 0-160 мкг/л

Северное море - 0-350 мкг/л

Средиземное море - 0-950 мкг/л

Балтийское море 0,8-8 мкг/л

В наибольшей степени от загрязнений страдают полузамкнутые моря с высокой интенсивностью судоходства. Так, на Средиземное море, которое составляет всего 0,7% площади океана, приходится до 17% всех загрязнений в океане. Среднее содержание нефти на поверхности Средиземного моря в 1990 г. составляло 38 мг/м<sup>2</sup>, в то время как для Мирового океана в целом - всего 0,8 мг/м<sup>2</sup>. Поэтому для уменьшения загрязнения вод океана нефтепродуктами предпринимаются различные технологические и конструктивные меры, в том числе усовершенствования судов. На рис... показаны экологические последствия загрязнения Мирового океана биогенными элементами, абиотическими и биотическими факторами.

Отклики морских организмов на воздействие вредных веществ могут иметь негативные морфологические, физиологические, биохимические и этологические (поведенческие) эффекты, а при больших дозах и длительном воздействии даже к гибели гидробионтов, так, при значительной концентрации нефти в морской воде отмечается уменьшение скорости роста у мидий и двусторчатых моллюсков, снижается плодовитость, сокращается продукция фито- и зоопланктона и пр. Загрязнение морской среды хлорированными углеводородами (пестициды, ДДТ и ПХВ) приводит ко многим заболеваниям морских млекопитающих, а также имеет у них негативные морфологические последствия (опухоли, аномалии позвоночника и деформации плавников у рыб, вирусные заболевания устриц, креветок и т.п.). В целом продолжающееся усиление антропогенной нагрузки на морскую среду влечет за собой все нарастающую деградацию гидробиоценозов с последующими неблагоприятными медико-гигиеническими последствиями для человека. (В.А.Вронский, 1996 г.)

**Радиоактивное загрязнение морей и океанов.** Основными источниками радиоактивного загрязнения Мирового океана являются:

- испытания ядерного оружия (атмосферные испытания проводились до 1963 г.);
- сброс радиоактивных отходов непосредственно в море;
- крупномасштабные аварии (ЧАЭС, аварии судов с атомными двигателями-реакторами);

- захоронение радиоактивных отходов на дне.

Во время испытания ядерного оружия, особенно до 1963 года, когда проводились массовые ядерные взрывы, в атмосферу было выброшено огромное количество радионуклидов. Так, только на арктическом архипелаге Новая Земля было проведено более 130 ядерных взрывов (только в 1958 г. – 46 взрывов), из них 87 – в атмосфере.

Таблица

Поступление нефтеуглеводородов в морскую среду  
(по В.А.Вронскому, 1996 г.

Источник загрязнения	Количество сброса	
	мн. т	%
Танкерный флот, в том числе	1,46	48,3
- сброс вод при мойке танкеров	0,55	18,2
- погрузка и разгрузка	0,42	13,9
- доковое обслуживание, работа двигателей	0,19	6,2
- аварии	0,30	10,0
Остальное судоходство	0,50	16,5
Добыча нефти на шельфе	0,05	1,7
Атмосферный перенос	0,30	10,0
Речной сток	0,04	1,3
Неочищенные промводы	0,20	6,6
Прибрежная нефтепромышленность	0,10	3,3
Дождевая вода с городских территорий	0,12	4,0
Естественные утечки нефти со дна	0,25	8,3
Итого	3,02	100

Отходы английских, французских, американских, российских заводов, производящих ядерное топливо и другие радиоактивные материалы, внесли значительный «вклад» в радионуклидное загрязнение северных морей.

Воды Мирового океана загрязнены наиболее опасными радионуклидами цезия – 157, стронция – 90, церия – 144, иттрия – 91, ниобия – 95, которые обладая высокой биоаккумулирующей способностью, передвигаются по трофическим сетям, создавая таким образом существенную опасность для гидробионтов, наземных живых организмов и человека. Источники загрязнений имеют различную значимость, а к числу самых опасных необходимо отнести, в частности, затопленные в Карском море (вблизи архипелага Новая Земля) 11 тысяч контейнеров с радиоактивными отходами, а также 15 аварийных реакторов с атомных подводных лодок; перечисление можно продолжить, но при этом, учитывая и другие виды негативных воздействия на Мировой океан, нужно вспомнить слова Жак-Ива Кусто: «Море – продолжение нашего мира, часть нашей Вселенной, владения, которые мы обязаны охранять, если хотим выжить».

Важным аспектом рассмотрения антропогенных воздействий на гидросферу является их оценка относительно морских побережий. Морские побережья представляют собой сложноорганизованные системы, где активно взаимодействуют абиотические факторы геосфер и биоты. С географической точки зрения, морское побережье – это пограничная полоса (типичный экотоп) между сушей и морем, характеризующаяся современными и древними береговыми формами рельефа и своеобразными сообществами организмов. Состоит из приморья, береговой зоны и прибрежья (пляжа). Общая протяженность береговой линии Мирового океана достигает 777 тыс.км, причем распространенными являются аккумулятивные берега (28,4% от их общей длины), а также неизменные или слабо измененные – 24%. Кроме того на земном шаре преобладают берега относительно погружающиеся (со скоростью 1-5 мм/год) и стабильные, что важно при рассмотрении экологических последствий парникового эффекта.

В побережьями океана связана разнообразная и экономически важная хозяйственная деятельность человека, которая с каждым годом увеличивает антропогенные нагрузки на береговую зону практически во всех районах земного шара. Согласно данным ООН в настоящее время почти 70% жителей мира проживают в районе побережий океана (до 100 км шириной). В настоящее время в этой зоне только портов (с грузооборотом более 10 млн. т каждый) имеется более сотни, среди которых такие гиганты, как Роттердам, Иокогама (грузооборот более 150 млн. т), Нью-Йорк, Лондон, Марсель, Антверпен 50-100 млн. т) и др. Для строительства портов у моря отводятся акватории (Нидерланды, Япония). Строительство в этих береговых зонах значительно нарушает природные процессы, что практически всегда имеет негативные последствия.

Современные процессы абразии обусловлены как природными причинами, так и антропогенными факторами. По данным австралийского исследователя Э.Берда (1990), более 70% аккумулятивных берегов отступают от береговой линии со скоростью 10 см/год, а 20% песчаных и галечниковых берегов – более чем на 1 м в год. Такое преобладание абразионных процессов на берегах, сложенных песчаных материалов обусловлено следующими факторами:

- глобальное потепление климата и связанное с ним повышение уровня Мирового океана;
- гидротехнические сооружения (буны, волноломы и т.п.), сильно способствующие размыву морских берегов;
- добыча минерального сырья (песок, галька, коралловый материал для производства цемента и др.) в береговой зоне, приводящая к увеличению воздействия волн на берег и к истощению пляжей. (Только за период с 1940-1970 гг. с побережий Черного моря и из русел впадающих в него рек было более 30 млн. м<sup>3</sup> песка и гальки, что привело в районе Сочи к уничтожению пляжа шириной 30 м; для решения возникшей проблемы применяют создание отсыпных пляжей, которые сами по мере своего формирования становятся средством защиты побережий от размыва).

В последние годы серьезную опасность вызывают резко возросшие антропогенные воздействия на береговую зону в тропических районах Мирового океана. В частности, нарастающими темпами идет деградация растительного покрова морских побережий: в Индонезии, Таиланде, на Филиппинах уничтожаются мангровые заросли для создания рисовых полей и прудов для разведения креветок. (К примеру, в 1982 году на Филиппинских островах с целью создания рыболовных прудов было вырублено 200 тыс. га мангров, что равняется примерно 50% естественного их ареала). Аналогичные процессы деградации прибрежных лесов отмечены и в странах Карибского бассейна. Уничтожение мангровых зарослей на морских побережьях привело к интенсификации почвенной эрозии, а значит и к повышению мутности прибрежных вод, что отрицательно сказалось на коралловых постройках. Кроме того, в этих районах Мирового океана хищнические методы лова (применение взрывчатых веществ, различных ядохимикатов и пр.) уничтожают богатейший органический мир кораллов. Например, в Шри Ланке добыча материала (известняка) и песка в береговой зоне составляет ежегодно 10-15 тысяч тонн, что обеспечивает до 40% сырья для цементной промышленности.

Негативные воздействия на прибрежные экосистемы океанов оказывают рекреационная деятельность и туризм, особенно на островах Индийского океана. Неумеренный сброс неочищенных сточных вод в прибрежную зону океана оказывает отрицательное влияние на природные ландшафты, нанося значительный вред маринкультуре и рыбной промышленности. Поступление большого количества биогенов в прибрежную зону вызывает все учащающиеся «красные приливы» (В.А.Вронский 1999 с.192-195).

Подземные воды являются достаточно надежным источником водоснабжения для множества населенных пунктов и эксплуатируются либо в настоящее время либо являются перспективными запасами. Подземные воды повсеместны, но их распространение в недрах Земли контролируется тектоническими структурами, обуславливая как режим, так и состав вод.

Как компонент экосистемы подземные воды также обладают существенными особенностями. Они, как правило, занимают один из нижних энергетических уровней в гравитационном поле Земли, а это обуславливает их способность к накоплению загрязняющих веществ. Благодаря проницаемости и высокой емкости водоносных пород загрязняющие вещества

могут переноситься на значительные расстояния и накапливаться в опасных количествах. Так называемая самоочищающая способность подземных вод по отношению к большинству загрязнителя невелика. Этот эффект имеет значение только для бактериального заражения, взвешенных частиц и некоторых разлагающихся и самораспадающихся веществ. Естественная защищенность подземных вод от поверхностного загрязнения диктуется геологическим строением и гидрогеологическими свойствами зоны аэрации, свойствами почв истилающих их грунтов, а также природой самого загрязнителя. Несомненно, что подземные воды, залегающие в водоносных слоях, перекрытых сверху мощными слоями глинистых отложений (водоупоров), лучше защищены нежели, когда над ними залегают распаханная почва, покоящиеся на песчаных и супесчаных грунтах (Орлов М.С. 1997 с.326-328).

К общим экологическим проблемам использования подземных вод следует отнести то, что их добыча осуществляется децентрализованно- неглубокими колодцами и централизованно – водозаборными скважинами, объединяемые в группы, батареи и другие системы, на которых основывается городской водопровод. При водозаборе из подземных вод создаются депрессионные воронки иногда весьма глубокие и даже оторванные от ближайших питающих поверхностных водотоков и водоемов. В качестве примера можно привести центральную часть Московского артезианского бассейна, где длительная, более 100 лет, работа множества московских и подмосковных водозаборов сформировала региональную область депрессии площадью более 15 тыс. км<sup>2</sup>, границы которой к 2000 году расположились западнее Звенигорода, проходят севернее Сергиева-Пасада, южнее Серпухова и восточнее Ногинска. Сформировавшаяся также техногенная инверсия напором обусловила предпосылку нисходящего перетекания, что опасно и для качества питьевых артезианских вод, и для поверхностного стока. Кроме этого возникает дополнительный фактор оживления суффозионно-карстовых процессов как в городе, так и его окрестностях.

Характерная объединяющая черта антропогенных процессов загрязнения воды – это формирование высоких концентраций многих токсичных веществ в локальных участках среды обитания человека. Изменения химического состава природных вод в ряде регионов уже настолько значительны, что эти воды приобрели резко аномальные геохимические свойства.

Источники загрязнения подземных вод, к сожалению весьма разнообразны и многочисленны особенно применительно к антропогенным причинам их образования. В частности, это фильтрат от свалок, стоки с промышленных площадок, транспорт, коммунальные стоки, сельское хозяйство, энергетические предприятия, в т.ч. и атомные электростанции.

Различные химические агенты, включая биогенные при созданных концентрациях уже практически не поддаются не только управлению, но иногда даже и простому учету.

Концентрации аммоний-иона при этом достигают 15 г/л, нитратов – 10 г/л, фтора – 3\_5 г/л, что с экологической точки зрения можно рассматривать как устрашающие. По ряду загрязняющих веществ (прежде всего соединений азота и органических) некоторые гидрогеохимические системы уже находятся в необратимом состоянии и постепенно со временем нарастают в своих объемах. Эти системы способны удерживать очень высокие концентрации загрязнителей в растворенном состоянии. Главным в сложившейся ситуации является то, что антропогенным загрязнением гидросферы еще можно управлять даже вплоть до полного прекращения негативного воздействия.

При этом необходимо учитывать, что антропогенное загрязнение очень схоже с природным, а главное отличие в том, что при антропогенном загрязнении в природную среду поступают такие опасные соединения как радионуклиды, пестициды и патогенные микроорганизмы (вирусы, бактерии и грибки).

Загрязнение подземных вод в значительных объемах происходит за счет фильтрата – токсичной жидкости, выделяющейся со свалок твердых бытовых отходов. Только в черте города в Москве по официальным данным насчитывается более 100 свалок, а «полуночных» – вообще никогда не подсчитывалось. Состав фильтрата примерно может быть следующим и почти близким для всех свалок: повышенная до 10-20 г/л минерализация, высокие содержания хлоридов и сульфатов, множество органических кислот (гуминовая, молочная, уксусная, пировиноградная и др.), так называемые «ураганские» концентрации тяжелых металлов (в т.ч. и наиболее токсичных, таких как ртуть), медикаментозные, санитарно-больничное, бактериологическое и гельминтозное

загрязнение. Известно, что в теле свалок идут активные процессы брожения и гниения, т.е. разложения органики, конечным продуктом которых являются: вода, тепло, биогаз (диоксид углерода и метан). Нередки случаи самовозгорания биогаза с негативными экологическими последствиями так как многие свалки насыщены синтетическими пластмассами, горение которых в низкотемпературном режиме приводит к образованию диоксинов, попадающих и в атмосферу и в гидросферу, а далее в трофические сети экосистем.

Все внутримикрорайонные пункты сбора бытового мусора не имеют гидроизоляции и атмосферные осадки разбавляют выделяющийся фильтрат и беспрепятственно проникают в почвы, грунты и подземную гидросферу. Таких «точечных» источников загрязнения фильтратом только в Москве можно насчитать около миллиона.

Промышленные площадки также поставляют в подземную гидросферу значительное число загрязнителей. Немалая доля этих загрязнителей образуется и при строительных работах в городе и при эксплуатации городской застройки и транспортных магистралей.

Технологические трубопроводы и многие резервуары (в т.ч. и на бензозаправочных станциях) протекают, на различных погрузочно-разгрузочных площадках и подъездных путях повсеместное явление – это просоры и проливы грузов, ливнеотстоки практически не работают, либо выводятся в поверхностные водотоки без надлежащей очистки. Однако еще большее воздействие оказывают отвалы, терриконы, отстойники, шлакохранилища и хвостохранилища (промотходы), а также временные склады строительных материалов и кавальеры грунта при проходке котлованов. Особенно тяжелые последствия для подземных вод в данном случае связаны со старыми горными и химическими предприятиями, а также с так называемыми техногенно загрязненными территориями (площадками на месте ликвидированных промышленных предприятий). Экраны из глин и суглинков, которые устраиваются в основании и по бортам хранилищ, отстойников и полигонов нередко оказываются недостаточно эффективными, хотя их устройство является безусловным правилом и элементами конструкции. Причина недостаточной эффективности заключается в том, что непроницаемые при фильтрации пресных вод глины могут существенно, на один-два порядка, увеличить свою проницаемость при фильтрации кислых или минерализованных жидкостей. Такие случаи были зафиксированы на прудах – отстойниках Соломбальского целлюлозно-бумажного комбината и на так называемых «Белых морях» – прудах-хранилищах шламов Производственного объединения «Сода» в г.Стерлитамаке (Башкирия).

Транспорт оказывается представляет собой достаточно активный загрязнитель подземной гидросферы. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, содержащие оксид и диоксид углерода, оксиды азота и серы, сажу, несгоревшие углеводороды и тяжелые металлы оседают на растениях, почве, сооружениях, дорожном полотне. Потоки дождевых и снеготалых вод через практически нефункционирующую ливневую канализацию поставляют вышеперечисленные загрязнители и продукты их взаимных реакций в грунтовые воды и в нижележащие напорные горизонты. Повсеместно необходимое, на значительной части России, но неоправданно чрезмерное и технологически необустроенное применение противогололедных смесей на транспортных магистралях и пешеходных участках катастрофически разрушает фитоценозы, деградирует почвы, снижает строительные характеристики грунтов, сильно и негативно сказывается на качестве грунтовых вод, что хорошо заметно по «вкусу» колодезной воды в придорожных деревьях и на внешнем облике, как правило, чахлой и угнетенной растительности. Степень воздействия солей из противогололедных смесей характеризуется следующим: за одну зиму на погонный метр автомагистрали в среднем высыпает от 40 до 60 кг соли; Москва за зиму 1996-1997 годов истратила ни много ни мало для противогололедных мероприятий 300 тысяч тонн соли. Именно «соли» в ее привычном быденном смысле, так как это главным образом хлорид натрия – поваренная соль. В последнее время подготовлены другие варианты противогололедных смесей, но они также включают в себя хлориды натрия. Следует иметь в виду, что хлориды натрия практически не задерживаются почвой, но существенно обедняют ее в части содержания щелочноземельных элементов, практически полностью изменяют структуру почвы со всеми вытекающими последствиями для ее плодородия. Однако главным отрицательным моментом является даже не столько применение хлоридов натрия, сколько безграмотная технология, если это можно назвать



технологией, противогололедных мероприятий. Автозаправочные станции имеют практически всегда подземные хранилища горючего. Эти резервуары, в частности, по данным Агенства по охране окружающей среды США и геологической службы Великобритании в этих странах от 50 до 70% резервуаров протекают. Официально опубликованной статистики в России по этим хранилищам нет, равно как нет оснований полагать, что хранилища горючего в России не протекают. Электрифицированный транспорт (метро, трамвай, троллейбус, электропоезда), который как, например, в правительстве Москвы считают экологичным, далеко не так безобиден. Этот вид транспорта возбуждает в верхней части разреза земной коры блуждающие или теллурические токи, - искусственные электромагнитные поля. Подземные воды в пределах этих приобретают значительную агрессивность к бетону и железобетону и коррозионную активность к металлическим строительным конструкциям.

Коммунальное хозяйство населенных пунктов в настоящее время рассматривается как один из важнейших деструкторов устойчивости антропогенных экосистем. Особую опасность загрязнения из коммунальных источников стали приобретать в условиях мегаполисов. Главным фактором опасности являются ненадежность и устарелость оборудования и конструкции инженерных сетей: водопровод, канализация; фильтрат из твердых бытовых отходов. Сооружения водоподготовки с обширными иловыми картами, аэраторы и отстойники на очистных сооружениях, поля осадков сточных вод и линейные канализационные сооружения сбрасывают в виде потерь грязные сточные воды в первый от поверхности водоносный горизонт. В крупных особенно старых исторических городах, имеющих тенденцию к превращению в мегаполис или ставших мегаполисом, как, например, Москва острой проблемой становится эксплуатация, консервация и ликвидация кладбищ. Подземные воды при неверном выборе места для кладбища сильно загрязняются азотсодержащими соединениями.

*Сельское хозяйство* представляет собой значительный источник загрязнений подземных вод. Навозохранилища при крупных животноводческих комплексах, построенные из сборного железобетона, протекают повсеместно, впрочем в те годы, когда строили эти сооружения никто не помышлял о необходимости из изоляции от внешней среды. Кроме протечек, в весеннее время они, как правило, переполняются за счет полной воды и становятся мощными точечными источниками загрязнений. Наибольшую опасность представляют указанные сооружения при свиноводческих фермах за счет гельминтозного и другого патогенного загрязнения.

Применение пестицидов опасно широким площадным распространением, их высокой миграционной способностью, стойкостью некоторых продуктов их распада и загрязненностью самих рядом примесей, токсичность которых зачастую еще не полностью оценена.

Использование удобрений в растениеводстве при неразвитой агротехнике способно, при всех успехах в повышении урожайности, нанести большой вред качеству грунтовых вод.

*Энергетические предприятия* оказывают сложное воздействие на подземные воды. Наиболее чистыми являются атомные электростанции, естественно при условии их работы в штатном режиме. Правда с атомной энергетикой связаны два очень неприятных обстоятельства, небезразличных для качества подземных вод и тем самым для всех других компонентов экосистем. Производство и подготовка ядерного топлива и ТВЭЛов (тепловыделяющих элементов реактора) – относится к опасным процессам, сопровождающимся сбросом и необходимостью очистки токсичных сточных вод. Это касается и утилизации или захоронения отработанного ядерного топлива. Тепловые электростанции опасны для подземных вод тепловым загрязнением, т.е. формированием повышенного температурного поля, в котором процессы взаимодействия подземных вод с естественными и искусственными органическими веществами идут более интенсивно. Кроме того, выбросы в атмосферу при сгорании ископаемого органического топлива (газа, мазута, угля, сланцев и торфа) способны через закисление атмосферных осадков вызвать серьезные изменения в составе грунтовых вод. Кроме того при атмосферных выпадениях в данном случае в них значительно повышается содержание ванадия, других тяжелых металлов, а также радиоактивными элементами.

Серьезными экологическими последствиями грозит изменение режима подземных вод, которое выражается очень быстрым, несоизмеримым по темпам с природной изменчивостью

ростом или снижением уровней подземных вод. Строительство плотин и создание водохранилищ объемом в несколько кубических километров перераспределяют напряжения в земной коре, что проявляется в техногенных землетрясениях. Формирование на ограниченной площади, прилегающей к плотине, существенного перепада напоров между верхним и нижним бьефами влечет за собой возникновение ниже плотины очагов разгрузки глубокозалегающих соленых и рассольных артезианских вод в реку. Создание водохранилища образуют зоны подпора подземных вод, распространяющиеся на десятки километров. Этот подпор, захватывая все новые площади создает крайне негативные процессы подтопления и заболочивания территорий, которые приводят в свою очередь к ухудшению условий аэрации почв и «корнеобитаемой зоны» растений; к болезням и гибели вследствие этого деревьев (суховершинность, гниль); смене окислительной обстановки в почвах и зоне аэрации на восстановительную; выходу из нор и частичной гибели животных – землероев, в том числе разносчиков эпидемических заболеваний; увеличению влажности приземного слоя воздуха, что отражается на состоянии здоровья человека; снижению несущей способности грунтов оснований инженерных сооружений; появлению в подтопленных и увлажненных подвальных и подземных сооружениях плесневых грибов, комаров и других кровососущих насекомых. Известно, что подтопленные территории имеют повышенную сейсмичность (на 1 балл), а подтопленные лессы и лессовидные породы проявляют просадку, то есть теряют прочность под нагрузкой.

В городских условиях подтопление формируется главным образом потери из водонесущих коммуникаций. В Москве утечки составляют в среднем 4л/сек на 1 км<sup>2</sup>. Данная величина примерно равна норме естественного питания подземных вод в естественных условиях Подмосковья. Такое двойное питание приводит к повышению уровня подземных вод примерно на половине территории г.Москвы. По некоторым данным до 70% городов России подтоплено.

Освоение подземного пространства не может пройти незаметно для режима подземных вод. Заглубление фундаментов под уровень грунтовых вод, укладка тоннелей, в том числе и метрополитенов, коллекторов и т.п. уменьшает площадь поперечного сечения потока грунтовых вод, что вызывает подъем их уровня. Даже свайные фундаменты способны вызвать такого рода барражный эффект.

Орошение засушливых земель зачастую проводится без необходимого расчета и контроля за уровнем грунтовых вод под орошаемыми массивами. Значительно более опасна инфильтрация поливных вод сквозь орошаемую почву и зону аэрации, чем в естественных аридных или семиаридных условиях, приводит к подъему уровней грунтовых вод до критической глубины, на которой происходит испарение с поверхности грунтовых вод. Обычным является то, что грунтовые воды в аридной зоне сильно минерализованы. Результатом не слишком грамотного орошения становится то, что плодородные, но сухие почвы становятся засоленными иной раз до такой степени, что на их поверхности образуется белая корка или игольчатый налет солей. На таких техногенных солончаках может произрастать только галофитная растительность. К началу 90-х годов XX века на территории бывшего СССР под орошением находилось до 15 млн.га; из которых около 1 млн. га ежегодно выходили из севооборота из-за засоления и нуждались в промывке, а это значит, что нужно было вводить в орошение дополнительно новый 1 млн.га.

На экосистемы оказывает влияние изменение режима подземных вод при строительных и горнопроходческих работах за счет создаваемого водопонижения и дренажа. В настоящее время строительный дренаж и водопонижение стало практически обязательным элементом строительного процесса, а защищаемые строительные котлованы иногда бывают очень глубокими, не говоря уже о подземном строительстве. Глубины же добывающих карьеров достигают сотен метров а шахт – до тысячи метров с лишним. В качестве примера: на одном из Якутских алмазодобывающих предприятий был пройден карьер глубиной более 400 м. Карьер проходил в толще вечной мерзлоты и поэтому водопонижение не организовывалось. Однако под подошвой вечной мерзлоты залегают отложения ордовикского возраста, насыщенные криопэгами, т.е. водами вымораживания. Эти воды имеют следующий состав: общая минерализация – 90 г/л, хлоридный натриевый химический тип, большие концентрации растворенных газов сероводорода и метана, температура – минус 3 градуса и давление около 40 атмосфер. Воды весьма агрессивны к большинству

строительных конструкций и к черным металлам (материал для фильтров, обсадных и буровых труб). Для решения проблем дальнейшей разработки карьера был сооружен кольцевой дренаж с трубами и насосами из инертных материалов. Напоры вод были снижены, но проблемой стал сброс дренажного стока высокоминерализованных засоленных вод. Реки в данном регионе зимой перемерзают; водная и наземная растительность и мерзлые породы не могут выдержать воздействия соленой воды; реальной перспективой стала деградация вечной мерзлоты. В качестве решения было устройство специального полигона нагнетательного типа для обратной закачки рассолов в глубоководные пласты.

Мелиоративный дренаж в сельскохозяйственных целях на заболоченных землях дает обычно в течение первых нескольких лет существенную прибавку к урожаю, что было подтверждено, в частности, работами в российском Нечерноземье. Однако в большинстве случаев это воздействие имеет серьезные негативные последствия для подземных вод. Известно, что естественный прирост торфяных залежей в средней полосе России и Беларуси составляет около 1 млн/год. В случае осушения торфяных залежей, что обычно выполняется при сельскохозяйственной мелиорации, скорость разложения торфа может достигнуть 5-15 см/год. Следствиями этого являются: загрязнение дренажных и речных вод органикой, их эвтрофикация и резкое снижение содержания кислорода, что угнетает жизнедеятельность гидробионтов; болотные и лесные пожары; сработка толщи торфа с обнажением минерального дна болот с вырождением фитоценозов.

Дноуглубительные работы на реках и добыча инертных заполнителей (песка, гравия, щебня, галечника) в руслах рек нарушает баланс и схему взаимодействия поверхностных и подземных вод. В этом случае важную роль какой из видов вод загрязнен и в какой степени. В целом возможен обмен загрязнителями и их дальнейшее распространение.

Подъем целинных земель, глубокая вспашка резко сокращают поверхностный сток и несколько увеличивают подземный, что влечет за собой постепенную деградацию мелких озер особенно в степных районах.

Изменение уровня грунтовых вод в результате их техногенной сработки или подъема способно оживить гравитационные геологические процессы – оползни, оплывины, оврагообразование с негативными геоэкологическими последствиями, изменением ландшафта и условий обитания живых организмов.

Длительная и мощная эксплуатация подземных вод может активизировать карстово-суффозионные процессы, что все более начинает проявляться на территории г.Москвы. В частности, активная откачка воды из карбонатных известняков привела к увеличению скорости фильтрации в них и постепенно движущаяся вода стала промывать залечивающий карстовые полости в известняках песчаный материал. Следствием стало постепенное снижение несущей способности перекрывающих толщ пород и тем самым повышение опасности в эксплуатации городской застройки.

Неблагоприятным фактором в условиях функционирования горизонтов подземных вод является «перестройка» всех структуры и условий залегания горных пород под городом. Обычно при строительном освоении подземного пространства происходит спрямление русел рек, засыпка части их притоков, забор водотоков в трубы, устройство набережных и дренажных призм. Все это меняет гидрогеологические условия и как бы в «отложенном» режиме сказывается на параметрах городской экосистемы.

Асфальтирование значительных площадей в городах только отчасти снижает инфильтрационное питание в городах, аналогично изменяется и испарение, но как показали последние расчеты питание грунтовых вод в крупных городах обусловлено, главным образом утечками из водонесущих коммуникаций и практически всегда «обеспечивает» загрязнение все более обширных зон в водоносных слоях.

Из биогенных загрязнителей следует выделить поступление азота. Его соединения обладают высокой растворимостью, что влечет за собой беспрепятственное увеличение его концентраций. Азот как известно способен трансформировать свои миграционные формы от комплекса условий в подземной гидросфере. Буферность подземных вод в отношении азота не проявляются, а темпы их естественной микробиологической денитрификации отстают от темпов

привноса нитратов. В результате этого в Западной Европе, Центре России, США, Индии, Китая грунтовые воды, формирующиеся в верхних водоносных горизонтах превращаются из гидрокарбонатных в нитратно-гидрокарбонатные. Установлены факты отложения натриевой селитры и формирование нитратных солончаков в аридных областях вследствие испарительного концентрирования нитратных грунтовых вод. Источником нитратов и нитритов в подземных водах могут быть не только сельскохозяйственные удобрения, животноводческие фермы, атмосферные осадки, но и аммоний-ион, поступающий в подземную гидросферу с глубинными флюидами и окисляющийся в зоне активного водообмена.

Сходная ситуация складывается с загрязнением подземных вод органическими веществами. Это связано с тем, что подземная гидросфера не способна к окислению большой массы поступающей в нее органики, а следствием этого является то, что загрязнение гидрогеохимических систем постепенно становится необратимым. Однако нарастающее количество неокисленной органики в воде сдвигает процесс денитрификации в сторону образования азота, что постепенно уменьшает концентрации нитратов и нитритов.

Выше мы уже отмечали роль агротехнической деятельности в накоплении фосфора и оживления тем самым эвтрофикации водоемов особенно бессточных. Появились пока несистематизированные данные об эвтрофикации замкнутых приповерхностных подземных водоносных бассейнов атмосферным и поверхностным питанием и разгружающимися в замедленном режиме и это при весьма скромной биоте в их составе.

Особое внимание при изучении современного состояния загрязненных водных систем необходимо уделить долговременному эффекту воздействия низких доз загрязнителей (близких, но не равных ПДК). Установлено, что это имеет более пагубное влияние на популяции водных организмов, чем острое, но кратковременное токсическое воздействие. Кроме того, каждый водоем уникален из-за больших различий в химическом составе, скорости перемешивания, температурного режима, вертикальной зональности водной массы и других характеристик.

**Некоторые природные загрязнения воды.** Самым мощным и постоянно действующим процессом загрязнения воды, имеющим глобальный масштаб, является вулканическая и флюидная активность Земли. Именно в гидросфере происходит накопление компонентов глубинных флюидных потоков, что установлено специальными наблюдениями как в Мировом океане, так и на суше. Главная по масштабам вулканического типа деятельность на Земле – это область срединно-океанических хребтов и рифтовые зоны. С ней связано образование металлоносных осадков на площадях в миллионы квадратных километров, формирование химического состава морской воды, которая «пропускается» через высокотемпературный вулканический реактор на дне за 1,0-1,5 млн лет. При этом поступление с глубинными флюидами многих тяжелых металлов существенно превышает их привнос в океан реками с континентов.

Важное значение имеет то обстоятельство, что современная флюидная деятельность имеет широкое распространение и на суше. Причем не только в областях вулканизма, но и в таких тектонически стабильных геологических структурах как древние платформы и кристаллические щиты. За длительный многомиллионный период непрерывного поступления глубинных флюидов в артезианские бассейны древних платформ образовались обширные гидрогеохимические провинции с теплыми и горячими хлоридно-сульфатно-натриевыми рассолами в глубоких горизонтах. Примерами могут служить Русская и Сибирская платформы. В Западно-Сибирской и других молодых платформах в результате интенсивного привноса глубинных газов сформировались нефтегазоносные провинции и районы, в которых под нефтяными и газовыми залежами образуются мощные пласты горячих хлоридно-натриево-кальциевых рассолов. Рассолы как древних, так и молодых платформ характеризуются высокими концентрациями многих тяжелых металлов, иногда радиоактивных элементов. При поступлении таких газонасыщенных рассолов по активным глубинным разломам или участкам техногенного нарушения экранирующих глинистых горизонтов верхняя часть артезианских бассейнов с пресными питьевыми водами загрязняется многими токсичными химическими элементами и соединениями.

Характерная особенность современной вулканической и флюидной активности Земли – пульсационный (ритмичный) характер функционирования с залповыми выбросами загрязняющих

веществ в окружающую среду. Широкую известность получило взрывное выделение в августе 1986 года диоксида углерода, накопившегося в результате флюидной активности в природном слое озера Ньос (Камерун).

Экологически опасными могут быть биологические процессы, связанные с жизнедеятельностью водорослей, планктона, бактерий и других микроорганизмов. Кроме явлений типа «аосио» и эвтрофикации водных систем к таким процессам относится метилирование тяжелых металлов в анаэробных условиях. Метилртуть опасна даже в нанограммовых количествах. Исследования, проведенные в США, показали, что метилртуть природного генезиса (!?) присутствует во многих озерах и реках Северной Америки.

Современные данные свидетельствуют о том, что водоросли, планктон и микроорганизмы играют в водной среде континентов очень важную роль в процессах как ее загрязнения, так и самоочищения. Известны разнообразные грибки, дрожжи, галофильные, сульфатредуцирующие, металлотрофные, метаногенные и другие бактерии, присутствующие в водах различной солености и температуры. В высокоминерализованных пластовых водах газонефтяных месторождений интенсивность бактериального метанообразования достигает ощутимых значений. Богатый фактический материал, полученный за последние полвека, говорит о том, что главная часть вещества (95%0, поставляемого реками в океан, осаждается в маргинальных фильтрах (эстуарии, прибрежные акватории), а водные организмы представляют собой мощнейший на Земле бионасос, который отфильтровывает весь объем вод океана за полгода —год и переводит в крупные пеллеты тогнкий материал взвеси, который «прошел» маргинальный фильтр. Взвеси с тяжелыми металлами и радионуклидами, поступившие с суши в прибрежную зону, перерабатываются в главную для морской среды растворенную форму (В.Н.Данилов-Данилова, 1997 с.247-257).

#### **Глава 18. Радиоактивное загрязнение**

*Радиоактивное загрязнение* биосферы представляется одним из важнейших, на наш взгляд, видом воздействия человека при его производственной деятельности в современных условиях. В целом этот вид загрязнения представляет собой превышение естественного уровня содержания в окружающей среде радиоактивных веществ. Оно может быть вызвано испытаниями ядерного оружия, ядерными взрывами и утечками радиоактивных компонентов в результате аварий на атомных электрических станциях, на предприятиях по производству и обогащению ядерного топлива и ядерных боеприпасов при их транспортировке, при разрушениях на транспортных средствах с ядерным двигателем (надводные и подводные суда, космические аппараты и т.п.), на предприятиях по захоронению ядерных отходов, в исследовательских лабораториях, при добыче радиоактивных руд и т.д. В частности, при авариях на АЭС особенно резко увеличивается загрязнение среды радионуклидами (стронций –90, цезий –137, церий – 141, йод – 131, рутений – 106 и др.). В настоящее время, по данным Международного агентства по атомной энергетике (МАГАТЭ), число действующих в мире реакторов достигло почти 430 при их общей электрической мощности более 320 ГВт (примерно 17% мирового производства электроэнергии). На Рис. показаны действующие в мире АЭС и их доля в общем объеме вырабатываемой электроэнергии. Больше всего АЭС в США, затем следует Франция, страны СНГ, Англия, Япония и т.д. Однако мировое лидерство принадлежит Франции, АЭС которой вырабатывают 75% требуемой ей энергии (Хафель, 1990г.). По общему признанию, ядерная энергетика, при условии строжайшего выполнения необходимых требований, в определенной мере более экологична, чем теплоэнергетика, поскольку исключает вредные выбросы в атмосферу (зола, диоксиды углерода и серы, оксиды азота и др.), а также не уничтожает невозобновляемые запасы горючих полезных ископаемых. Так, во Франции быстрое наращивание мощностей АЭС позволило в последние годы значительно уменьшить выбросы диоксида серы и оксидов азота в секторе энергетики соответственно на 70 и 60%. Однако, на наш взгляд, на данном этапе развития научных знаний, технологий, образцов техники и оборудования, образования, квалификации персонала АЭС существует опасность не просто радиоактивных загрязнений, а глобальных ядерных катастроф, чему уже есть примеры. Представляется, что мировому сообществу необходимо согласиться о моратории на сооружение новых АЭС, хотя бы на ближайшие 20-50 лет, для обеспечения научных и технологических исследований по безопасности ядерной энергетики.

Тем не менее, в Японии для стабилизации энергообеспечения страны в ближайшие два десятилетия намечается построить около 46 новых АЭС, что удовлетворит 43% ее энергопотребностей. И это при условии высокой сейсмоопасности, колоссальной плотности населения, концентрации опасных производств делает затею с атомной энергетикой в Японии безрассудной и опасной для всего мира. Достаточно напомнить, что в январе-феврале 2000г. на ядерных предприятиях Японии было две аварии.

Постепенно мировое сообщество под влиянием общественного мнения, и особенно ядерных аварий, начинает в целом сокращать наращивание мощностей ядерной энергетике.

Авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году по своим глобальным последствиям является крупнейшей экологической катастрофой в истории человечества. Суммарный выброс радиоактивных продуктов в атмосферу оценивается в 77 кг (для сравнения – при взрыве атомной бомбы над Хиросимой было выброшено 740 г радионуклидов), причем большая часть их сконцентрировалась в радиусе 300-400 км от АЭС. 70% выброса радиоактивных веществ попало на территорию Беларуси. Искусственными радионуклидами была загрязнена значительная часть европейской территории СНГ площадью более 100 тыс. км<sup>2</sup>; загрязнение затронуло Польшу, Литву, Латвию, Эстонию, Финляндию, Швецию, Германию, Австрию, Румынию, Венгрию, Молдову, Болгарию и значительную часть европейской России. В состав радиоактивных осадков вошло около 30 радионуклидов с периодом полураспада от 11 час (криптон – 85) до 24100 лет (изотопы плутония).

Особенно сильное воздействие на природные экосистемы сказалось в радиусе 30 км от разрушенного реактора, где полностью исключена деятельность человека. В этой зоне сильно пострадали хвойные леса (в основном из сосны обыкновенной), которые, как известно, наиболее чувствительны к радиации по сравнению с лиственными породами. Площадь погибших сосновых лесов составила более 600 га, а пораженных – 15 тыс. га. Произошло значительное загрязнение радионуклидами (стронций – 90, цезий – 137 и др.).

Огромны экономические потери от Чернобыльской катастрофы: долгосрочное изъятие из хозяйственного оборота 144 тыс. га сельхозугодий, 492 тыс. Га лесов, затраты на дезактивацию, на отселение жителей, охрану и т.п. В пострадавших районах резко повысилась заболеваемость анемией, сердечно-сосудистыми, легочными болезнями, раковыми опухолями, усилились вспышки инфекций, резко уменьшились показатели рождаемости. Отмечены случаи мутаций у домашних и диких животных и растений.

Прошло почти 15 лет с момента Чернобыльской катастрофы, однако ее последствия все более ощутимы. Особую угрозу для человека представляет изотоп йода – 131, в общем-то с малым периодом полураспада, но создающий значительную дозу облучения примерно в течение одного месяца после своего образования. При попадании в организм человека он концентрируется в щитовидной железе. В зонах радиационного загрязнения с уровнем более 1 Ки/км<sup>2</sup> у взрослых и детей отмечались симптомы «чернобыльской болезни»: головная боль, сухость во рту, увеличение лимфоузлов; возросли случаи рака гортани и щитовидной железы. Этот изотоп нанес колоссальный радионуклидный «йодный» удар по населению огромной части Европы, что к стати не было должным образом оценено экспертами МАГАТЭ.

Приведенные данные должны быть учтены при планировании развития энергетике и при проектировании новых АЭС. Возможно эти АЭС и необходимы, но только при условии обеспечения абсолютного уровня безопасности. Однако для установления этого уровня нужны специальные и очень кропотливые исследования. По этому поводу В.А. Яблоков (1995г.) отмечает: «Надо организовать глубокие (и честные!) научные исследования по влиянию радиации на живую природу и человека на базе уникальных ситуаций, данных нам трагической историей... Эти данные нужны не только России, они нужны всему мировому сообществу, чтобы объективно оценить масштабы радиоактивного загрязнения» (по В.А. Вронскому, 1996г., с.260-262).

Влияние радиации на живые организмы действительно еще далеко не изучено, хотя использование ядерной энергии и свойств радиоактивных элементов осуществляется человеком очень и очень активно и, на наш взгляд, без оглядки, безрассудно.

Известно, что в малых дозах радиация сказывается на биоритмику в связи с расстройством работы органов, которые оказываются частично разрушенными в составляющем их органическом веществе. Под действием радиации происходит изменение изотопного состава атомов, входящих в живое вещество, и они не могут осуществлять в связи с этим свои функции.

Слишком большие дозы радиации (летальные) действуют комплексно, в том числе с полным или частичным разрушением информации в эпифизе, следствием же последнего может быть разрушение тканей, наблюдаемое при облучении, в том числе клеток крови и костного мозга.

Повышенная радиация ускоряет течение биологического времени, тем самым внося расстройственность временной структуры организма. Пониженный естественный радиационный фон может выборочно (по отношению к определенным тканям и органам) замедлять обменные процессы, то есть приводить к временной разбалансировке биосистем. В отличие от гравитации, радиация меняет скорость протекания реакций только в ограниченном пространстве биосистем, охватывая только облученные участки. Можно предположить, что к тому моменту, когда человек научится управлять скоростью этих реакций, то он сможет бороться и с радиационными поражениями.

Известно, что радиация обладает сильнейшей мутагенностью. Индикатором проблем, вызванных радиоактивным облучением, обычно бывают нарушения в кроветворной системе, что обусловлено относительно коротким периодом жизни клеток крови, в результате чего у них быстрее происходят изменения мутационного вида, иными словами, просто быстрее сказывается результат радиационного поражения.

Необходимо особо отметить, что радиация является одним из важнейших регуляторов жизненных процессов на Земле. Изменение радиационной обстановки на планете может привести к таким мутациям у человека, которые сделают невозможным дальнейшее развитие его жизни на планете. Безвредных для биосферы ядерных технологий в настоящее время не существует. Кроме того, на наш взгляд, радиоактивность чужда жизненным процессам в известных нам формах жизни при протекании этих процессов в гомеостатических условиях. Воздействие радиоактивности меняет гомеостаз системы и функционирование отдельных организмов, зачастую мутагенным путем. Возникшие мутации могут закрепляться в наследственной информации и затем, в виде адаптаций, изменить видовой состав экосистем. Данные изменения могут носить как прогрессивный, так и регрессивный характер, что соответствующим образом отражается на более высоких иерархических уровнях жизни на планете.

Уже накопленные в биосфере к сегодняшнему времени проблемы в связи с радиоактивным загрязнением будут сказываться на протяжении не менее чем в ближайшие триста лет. Именно поэтому мы считаем, что одной из важнейших экологических проблем, стоящих перед человечеством, является необходимость свертывания всех радиоактивных программ, полный демонтаж всех ядерных энергетических установок, а также утилизация радиоактивных отходов.

Качественное представление о масштабах пораженности территории бывшего СССР долгоживущими радиоактивными изотопами, а также о потенциальной радиационной опасности можно составить на основе материалов, опубликованных в книге В.И. Булатова «Россия радиоактивная» (1996). Эти данные представлены на рис. (А.М. Паничев, А.Н. Гульков, 1999, с.155-158).

Энергетический кризис, который якобы сильно затормозит развитие цивилизации в случае демонтажа атомных электростанций, не более чем злонамеренный околонуточный миф. Даже существующих запасов нефти на Земле (уже разведанных и пока неизвестных) с учетом современного уровня потребления хватит, по меньшей мере, на 200 лет, что дает огромный запас времени для поиска других экологических источников энергии, главным из которых было, есть и будет Солнце.

Следует кратко упомянуть о естественной радиоактивности, которая присуща некоторым геологическим телам. К ним следует отнести руды радиоактивных элементов, которые залегают в относительно концентрированных рудных телах или россыпях и обладают присущей им радиоактивностью той или иной интенсивности. Кроме того, отдельные горные породы обладают повышенной относительно других естественной радиоактивностью. К их числу относят, например,

некоторые граниты и им подобные породы. Естественная радиоактивность создает определенный радиационный фон, в условиях которого осуществляются жизненные процессы приуроченных к ним экосистем. Радиоактивность, прежде всего, влияет на процессы преобразования элементов в организме – ядерное превращение (?) путем изменения изотопного состава атомов. Под действием радиации некоторые превращения не могут реализоваться, что может приводить к патологиям. При этом важно отметить, что в организмах не предусмотрена возможность компенсации подобных нарушений. Естественный фон радиоактивности очень важен, он сильно влияет на генетический статус организмов, в который изначально закладываются барьеры уровня радиации, соответствующие радиационному фону в месте формирования организма. Если организм, «генетически скорректированный» на один уровень радиации, попадает в условия, где имеются повышения этого уровня, то происходит либо разрушение биосистемы, либо ее мутация. Именно поэтому районы с повышенным уровнем естественного радиационного фона всегда были местами активного видообразования. Для разных людей (генетически сформировавшихся в условиях различного радиационного фона) допустимые нормы радиации различны. По переносимости радиации их отличие может выражаться сотнями процентов. (А.М. Паничев, А.Н. Гульков, 1999, с.149).

В коммунальных условиях внешнее облучение может практически полностью определяться радиоактивностью строительных материалов, - это уже упомянутый выше гранит, который используется в виде плит, блоков, бутового камня, щебня; пемза, а также цемент, при производстве которого использовались глинозем, фосфогипс и кальций-силикатный шлак, обладающие довольно высокой удельной радиоактивностью. Отмечены случаи, когда в бетонные изделия попадали сильно радиоактивные вещества. В закрытых и непрветриваемых помещениях продукты распада урана и тория (в том числе радон) накапливаются и создают высокие уровни радиации.

Уран и другие радионуклиды могут в значительных количествах выбрасываться в атмосферу при работе ТЭЦ, котельных, автотранспорта. Это связано с тем, что угли, нефти иногда характеризуются повышенной радиоактивностью на базе ураносодержащих. Площадь такого радиоактивного загрязнения может быть обширной.

В настоящее время радиационная обстановка в России определяется глобальным радиоактивным фоном, наличием загрязненных территорий вследствие Чернобыльской (1986г.) и Кыштымской (1957г.) аварий, испытаний ядерного оружия, эксплуатацией урановых месторождений, ядерного топливного цикла, судовых ядерно-энергетических установок, региональных хранилищ радиоактивных отходов, а также аномальными зонами ионизирующих излучений, связанных с земными (природными) источниками радионуклидов.

Динамика воздействия земных источников радиоактивного излучения на человека определяется периодами полураспада естественных радионуклидов и изменением во времени и пространстве и контрастности аномальных радиационных зон в результате процессов привноса, выноса, миграции и отложения излучателей под влиянием природных и антропогенных факторов. Учет совместного действия вышеуказанных процессов связан с большими техническими и методическими трудностями. В таких случаях следует использовать выявленные закономерности поведения газообразных, жидких и твердофазных радионуклидов в «многоэтажных» системах ландшафтов (приземная атмосфера, поверхностный сток, почвенно-растительный покров, зона аэрации и подземные воды).

Наибольшим радиусом рассеяния от источника радиации обладают устойчивые газообразные и хорошо растворимые в воде радионуклиды (цезий-137, стронций-90, йод-131 и др.).

Накопление их происходит на геохимических барьерах разного рода (химическом, сорбционном, восстановительном и др.) в бессточных водоемах (озера, водохранилища), долинах рек и заболоченных низинах, у аэродинамических барьеров (рифтовые зоны и протяженные глубинные разломы, лесные массивы на водоразделах) и в подземных водах, являющихся одним из конечных резервуаров накопления компонентов загрязненного поверхностного стока и радиоактивных атмосферных осадков. Поступление радионуклидов по зонам разломов в подземные



воды и вышеуказанные природные среды носит пульсационный характер, вследствие чего могут иметь место залповые выбросы радиоактивных элементов в окружающую среду.

Мониторинг показал, что концентрация радона в подпочвенном воздухе и приземной атмосфере имеет повышаться в зимний период, что объясняется замерзанием вод зоны аэрации, улавливающих глубинные летучие компоненты. (Пронин А.П., 1996, с.265-266).

Серьезную проблему воздействия радиации на биосферу представляют радиоактивные отходы. К ним относят побочные биологически или технически вредные вещества, которые содержат образовавшиеся в результате деятельности человека радионуклиды. Радиоактивные отходы опасны прежде всего тем, что содержащиеся в них радионуклиды могут рассеиваться в биосфере и вызывать различные генетические изменения в клетках живых организмов, в том числе и человека. Они классифицируются по различным признакам: агрегатному состоянию по периоду полураспада, по удельной активности, по составу излучения и т.д. (Рис. ).

Среди радиоактивных отходов по агрегатному состоянию наиболее распространенными считаются жидкие, которые возникают на АЭС, на радиохимических заводах, в исследовательских центрах. Значительны также количества твердых радиоактивных отходов, в частности, в реакторах АЭС общей электрической мощностью 1ГВт за год образуется 300-500 м<sup>3</sup> твердых отходов, а от переработки облученного топлива еще 10м<sup>3</sup> высокоактивных, 40м<sup>3</sup> среднеактивных и 130м<sup>3</sup> низкоактивных отходов.

Во многих странах, имеющих АЭС и радиохимические заводы по производству плутония, накопились значительные количества радиоактивных отходов. В настоящее время на территории России суммарная активность незахороненных отходов составляет более 4 млрд. Ки, что равняется 80-ти «Чернобылям». В Великобритании отходы атомной промышленности к 2000 году составляют: высокой активности – 5 тыс. м<sup>3</sup>, средней активности – 80 тыс. м<sup>3</sup>, низкой активности – 500 тыс. м<sup>3</sup>. Много отходов образуется при переработке отработавшего ядерного топлива (таких предприятий в России – 16). Так, при переработке 1 тонны радиоактивных отходов возникает (по минимальным оценкам) 4,5 т высокоактивных отходов, 150 т жидких среднеактивных и более 2000 т низкоактивных отходов.

Как отмечает А.В. Яблоков (1995), пока не решена проблема радиоактивных отходов, и не видно приемлемых путей ее решения. Сейчас используются безнадежно устаревшие методы обращения с радиоактивными отходами: высокоактивные отходы концентрируются и изолируются, средне и низкоактивные – разбавляются и распыляются, загрязняя окружающую среду. Наиболее приемлемый вариант решения проблемы радиоактивных (и высокотоксичных!) отходов – это захоронение их на значительную глубину в земную кору. Так, высокоактивные отходы чаще всего хранят в наземных и подземных емкостях (шахты, штольни, преимущественно в залежах каменной соли, скважины в монолитных скальных породах и т.п.) На территории России есть крупные центры по утилизации жидких радиоактивных отходов и их захоронению (Челябинск-65, Красноярск-26 и др.) К сожалению, существующие методы обезвреживания (цементирование, остеклование, битумирование и др.), а также сжигание твердых радиоактивных отходов в керамических камерах, как, например, на НПО «Радон» представляют достаточно большую опасность для окружающей среды. На полигоне «Маяк» (под Челябинском) ежегодно образуется до 100 млн. Ки жидких радиоактивных отходов, часть которых попадает в поверхностные и подземные воды – зона загрязнения земель уже составляет около 3 млн. га. Проблема захоронения со временем может стать еще более острой и актуальной, так как по данным МАГАТЭ после 2000 г. более 65 ядерных реакторов АЭС и 260 используемых в научных целях ядерных устройств, у которых срок работы превысит 30 лет, должны быть ликвидированы. По данным экспертов МАГАТЭ при их демонтаже потребуется обезвредить ни много, ни мало около 150 млн. кубических футов низкоактивных отходов и обеспечить захоронение более 100 тысяч тонн высокоактивных отходов (В.А. Вронский, 1996 г.)

## **Глава 19. Природные ресурсы и их использование**

Среди ресурсов, которыми обладает Земля выделяются биологические, которые обуславливают возможности жизни человека на Земле (к ним, в частности, относятся пищевые);

минеральные и энергетические, обеспечивающие основу материального производства человеческого общества. Все природные ресурсы подразделяются на *неисчерпаемые* и *исчерпаемые*. Список собственно неисчерпаемых ресурсов не так уж велик, хотя их объем значителен. На первом месте стоят космические, солнечная радиация; затем климатические, водные - энергия морских волн, ветра. Если учитывать эти ресурсы по объему, то воздушная и водная среда - атмосферный воздух и вода - относится к неисчерпаемым ресурсам, но при описанных выше интенсивных процессах загрязнения и потребления, то в обозримом будущем и воздух и вода могут стать реальным дефицитом.

Имеет смысл привести некоторые суждения Б.Небела (1993, с.78-79) о солнечной радиации как ресурсе биосферы: экосистемы "существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой относительно постоянно и избыточно".

Выше мы уже детально рассмотрели каждую из перечисленных характеристик солнечной энергии и их значимость для существования жизни на Земле и, в частности, для качества жизни человечества.

Исчерпаемые ресурсы делятся на *возобновляемые* и *невозобновляемые*. К *возобновляемым* относят растительный и животный мир, плодородие почв. К *невозобновляемым* ресурсам причисляют полезные ископаемые. Использование их было начато человеком на заре каменного века, - это был природный камень - кремь, обсидиан и другие. Первыми металлами, которые нашли практическое применение человеком, были самородное золото и медь. Добывать же и плавить руды, содержащие медь, а также олово, серебро, свинец, человек научился за 4 тысячи лет до нашей эры.

В настоящее время человек вовлек в сферу своей промышленной деятельности преобладающую часть известных минеральных ресурсов. Из земных недр извлекаются все больше различных руд, каменного угля, нефти и газа. Развитие техники и технологии все более и более открывает новые области применения черных и цветных металлов, различного неметаллического сырья. В результате расширяется разработка бедных руд, увеличивается добыча нефти и газа, угля из труднодоступных ранее месторождений, в том числе и из под дна моря.

Минеральные ресурсы в целом представляют собой все природные для употребления вещественные составляющие литосферы. Они могут быть использованы как минеральное сырье или источники энергии (ископаемое топливо, металлическое и неметаллическое сырье). Эти ресурсы относятся к неисчерпаемым (невозобновимым). Развитие человеческого общества со времени его зарождения и становления связано с использованием минерального сырья, извлекаемого из земных недр. Постоянно увеличивающийся расход сырья приводит к возрастанию темпов их добычи, в частности с 1955 по 1985 гг мировая добыча бокситов возросла в 11 раз, фосфоритов и калийных солей - более чем в 5 раз, молибдена - почти в 7 раз, железной и хромовой руды - в 3,5 раза и т.д. Естественно, что запасы минерально-сырьевых ресурсов, особенно замечательных в доступных для современного уровня техники зонах земной коры, далеко небезграничны, а главное, практически невозобновимы.

Прогнозы о количестве возможных запасов специалистами осуществляется весьма разноречиво. В табл. приведен один из возможных прогнозов. Из этой таблицы видно, что для промышленно развитых и развивающихся стран мира запасов угля, железной, марганцевой и хромовой руд, фосфатного сырья должно хватить еще на 100-800 лет. Однако запасов весьма важных полиметаллических руд, содержащих никель, кобальт, вольфрам, молибден, медь, свинец, цинк, олово очень мало - лет на 30-50.

Территория и зона шельфа России обеспечена разведанными запасами полезных ископаемых на весьма отдаленную перспективу, однако у нас в стране, равно как и во всем мире качество вновь обнаруживаемых и осваиваемых запасов имеет тенденцию неуклонного ухудшения: растет зольность углей, снижается концентрация металлов в горной массе, увеличивается доля труднообогатимых и перерабатываемых минеральных удобрений. Так, в США содержание меди в рудах уменьшилось с 2,5-3% в начале века до 0,8% к концу 70-х годов. Только за последние 30 лет в районах, богатых полиметаллическими рудами (Австралия, Канада, США, Мексика) среднее

содержание свинца и цинка в добываемых рудах снизилось в 2-2,5 раза. В нашей стране за этот же период содержание железа в сырой руде уменьшилось с 50 до 35% (Панфилов, 1990).

В последние годы резко возросла добыча энергетических видов сырья - нефти и природного газа (рис. ). К середине 90-х годов XX века (1996-2000) в мире было добыто около 3600 млн т нефти, из которых 40% приходится на США, Саудовскую Аравию и Россию. Добыча природного газа в 1995 году в мире составило около 2200 млрд м<sup>3</sup>, из них на территорию бывшего СССР приходится почти 40% и на США около 25%. Возрастает в мире добыча золота, если в 1988 году она составляла без малого 1920 т, то в 1991 году возросла до 2157 т, а к 1999 году - почти до 2200 т (из этой добычи наибольшая доля приходится на ЮАР - более 650 т, США - более 320 т, бывшего СССР - более 250 т, Австралию - 240 т). В 1991 году добыча алмазов в мире составила 106 млн карат, в том числе в Австралии - 36 млн карат и в Заире - 19 млн карат. По данным специалистов за последние 30 лет производство полезных ископаемых увеличилось примерно в 30 раз, в то время как за предыдущие 76 лет всего в 10-12 раз.

Перспективным источником минеральных ресурсов является океан. Следует сказать, что более 90% всех добываемых полезных ископаемых приходится на нефть и газ. Океан также 90% мировой добычи брома, 68% магния, треть поваренной соли и т.д. Весьма разнообразны типы минеральных ресурсов дна Мирового океана. Практически неограниченные запасы стройматериалов; морские ре-

Таблица  
Запасы и прогноз основных видов минерального сырья  
в промышленно развитых и развивающихся странах  
(по В.А.Вронскому, 1996; Е.И.Панфилову, 1990  
с изменениями и дополнениями автора)

Виды сырья	Запасы минерального сырья	
	извлеченные на начало 1981 года	добываемые на начало 2000 года
Уголь, млн т	719817	780000
Железные руды, млн т	89283	130500
Марганцевые руды, млн т	2343	2900
Никель, млн т	36335	51015
Кобальт, млн т	1891	3250
Вольфрам, млн т	1650	2381
Молибден, млн т	6784	10450
Бокситы, млн т	12637	20100
Хромовые руды, млн т	3504	3547
Медь, млн т	390	541
Свинец, млн т	109	161
Цинк, млн т	147	255
Олово, млн т	2946	4330
Фосфатное сырье, млн т	31276	31320
Калийные соли, млн т	16220	15427
Сера самородная, млн т	319	567
Асбест, млн т	71	119

сурсы рутила, золота, платины, алмазов примерно сопоставимы с запасами на суше. Запасы фосфоритов достигают примерно 90 млрд т, а железо-марганцевых конкреций - около 2-3 трлн т. В шельфовых зонах океана добывается 65% циркониевых и 25% ториевых минералов. У берегов Бразилии и Индии добывают олово, а на шельфе Африки - алмазы. В будущем весьма

перспективны железомарганцевые конкреции, содержащие около 20 ценных элементов, но пока их добыча с глубины более 4000 м представляет сложную техническую проблему. В настоящее время более 20% нефти и газа добывается из моря, а через 10-20 лет это количество может удвоиться. Значительный интерес представляют рудные отложения Красного моря, в центральной части которого на глубине свыше 2000 м фиксируются горячие рассолы (температура выше 60°C). В них содержание железа в 8000 раз, цинка в 500 раз, меди в 100 раз больше, чем в морской воде. В металлоносных рассолах содержание цинка до 10% и меди до 7%. По материалам глубоководного бурения в рифтовой зоне Красного моря было подсчитано, что только во впадине Атлантис-11 металлоносные осадки содержат около 3,2 млн т серебра, 45 т золота (по В.А.Вронскому, 1996 г.).

В хозяйственный оборот таким образом вовлекаются все новые и очень обширные территории и акватории, растет использование древесины, промысловых животных, увеличиваются пахотные земли, кормовая база для животноводства. К настоящему времени большая часть пригодных к сельскохозяйственной деятельности территорий представляет собой распаханные земли и окультуренные пастбища для домашних животных. Развитие промышленности и сельского хозяйства потребовало больших площадей для строительства городов, промышленных предприятий, разработки полезных ископаемых, сооружения коммуникаций. Всего, таким образом, около 20% суши к настоящему времени преобразовано деятельностью человека. Значительные площади поверхности суши исключены из хозяйственной деятельности человека вследствие накопления на ней промышленных и твердых бытовых отходов и невозможности использования районов, где ведется разработка и добыча полезных ископаемых. На прилегающих территориях

Таблица

Основные типы минеральных ресурсов дна Мирового океана  
(В.А.Вронский, 1996, с изменениями автора)

Тип отложений	Вещество или элемент	Геологическое положение
Обломочные отложения	Строительные материалы: галечник, гравий, песок кварцевый, карбонатный детрит, ракушечник	Приобретенные акватории, шельф
Россыпные отложения	Железо, золото, платина, олово, теорий, цирконий, алмазы, титан, редкоземельные элементы и др.	Прибрежные зоны и акватории
Углеводороды	Нефть и газ	Континентальные окраины и бассейны островных дуг
Гидротермальные рудные образования	Железо, марганец, цинк, медь, серебро, золото и др.	Зоны разломов и центры спрединга
Железомарганцевые конкреции	Марганец, железо, титан, кобальт, медь, никель, титан, молибден и др.	Глубоководные акватории (4000-6000 м)
Фосфориты	Фосфор, уран, редкоземельные элементы и др.	Побережья и прибрежные акватории

создаются отвалы, карьеры, терриконы - земляные конусы, провальные воронки над полостями в недрах земли.

Исчерпаемые ресурсы включают запасы каменного угля, торфа, нефти, газа и других полезных ископаемых, темпы использования которых несравненно выше, чем скорость естественного накопления, если таковое имеет место (?) в современной биосфере. Эту группу ресурсов относят к невозобновимым; рациональное отношение к ним заключается в разумном ограничении их эксплуатации и в разработке альтернативных форм энергии и материалов. Проблема эта практически выходит за границы экологического изучения.

Гораздо большее значение имеет влияние человека на возобновимые ресурсы (которые в конечном итоге тоже относятся к исчерпаемым). К этой группе (по И.А.Шилову, 2000, с.448) относятся все формы живого и биокосного вещества: почвы, растительность, животный мир, микроорганизмы и т.д. Характерной чертой возобновимых ресурсов является их способность к самовоспроизводству, временные масштабы которого сопоставимы с темпами их изъятия из биосферы в результате эксплуатации и других форм человеческой деятельности. Совокупность возобновимых ресурсов - не что иное как глобальная экосистема Земли, существующая на основе фундаментальных закономерностей экологии.

### **Эксплуатация биологических ресурсов**

Из числа возобновимых ресурсов большую роль в жизни человека играет лес, который имеет немаловажное значение как географический и экологический фактор. Леса предотвращают эрозионные процессы в почвах, служат барьером для поверхностных вод, т.е. являются накопителями влаги и регулируют оптимальный режим грунтовых вод. В лесах обитают животные, представляющие материальную и эстетическую ценность для человека: копытные, пушные звери и другая дичь. В России леса занимают около 760 млн. га, или 33% всей ее суши и являются одним из ее основных природных богатств.

Но с давних пор во всех странах мира велась неумеренная вырубка лесов, вначале связанная с развитием примитивного подсечного сельского хозяйства, а позднее главным образом ради получения древесины. В результате множество стран средиземноморского бассейна, где активно развивалось также животноводство (разведение коз и овец), лишилось леса, т.к. выпас коз, в частности, практически исключил возможность самовосстановления леса из-за поедания ими всего лесного подростка. В России с конца XVII века лесистость снизилась с 50% до указанных выше 33% от территории.

В настоящее время массовые лесозаготовки, а они в общем представляют собой хищническое истребление лесов, переместилось в Центральную Америку, Индонезию, в Амазонскую сельву.

Дождевые тропические леса - самые богатые экосистемы на планете: занимая всего 8% ее площади, они дают местообитание практически половине живущих на Земле видов животных. Следует особо отметить, что эта экосистема отличается как богатством видов, так и полного круговорота: быстрая оборачиваемость биогенных элементов влечет за собой практическое отсутствие их накопления. Уничтожение же этих уникальных лесов идет со средней скоростью 70-90 тыс км<sup>2</sup> в год, а в Амазонии - до 100 тыс км<sup>2</sup> в год. Кроме рубки участились опустошительные лесные пожары.

Параллельно усиливается лесотехническая деятельность: на месте вырубок проводится посадка ценных в техническом отношении древесных пород. Таким путем, как верно отмечает И.А.Шиллов (2000 г.), эволюционно сложившаяся устойчивая экосистема сменяется одновидовой (лесокультурной) агро(лесо) системой антропогенного типа с резко упрощенной структурой. Это определяет их малую устойчивость к неблагоприятным влияниям, повышенную вероятность вспышек активности вредителей и т.п.

Это сопровождается современным промышленным использованием леса, хотя в традициях многих народов исконно проживавших в лесу существуют методы сохранения лесных экосистем и даже их восстановления, это отмечено в работах специалистов в области лесоводства.

Другие формы растительности также подверглись серьезному воздействию, почти до истребления. И.А.Шиллов (2000, с.452) пишет, что за последние 100 лет флора Франции потеряла по меньшей мере 20 видов растений.

Ощутимое воздействие на состояние растительного покрова оказывает массовое посещение лесов и других зеленых массивов отдыхающими и туристами. В этих случаях вредное влияние заключается в вытаптывании травы, уплотнении почвы и ее загрязнении. Уплотнение почвы угнетает корневую систему и приводит к засыханию древесных растений. Вытаптывание трав нарушает существенные этапы круговорота веществ, обрекая деревья на частичное голодание и последующее засыхание.

Прямое влияние человека на животный мир выразилось, например, в том, что с 1600 года человеком было потреблено 160 видов и подвидов птиц не менее 100 видов млекопитающих. В длинном списке исчезнувших видов значится тур - дикий бык, живший повсеместно в Европе. В XVIII веке была истреблена стеллерова корова - водное млекопитающее. Около ста лет тому назад исчезла с территории юга России дикая степная лошадь - тарпан. На грани исчезновения бизоны, зубры, пятнистый олень, уссурийский тигр, киты: гренландский, серый, голубой; многие виды дельфинов и т.д. Этот список можно продолжать на нескольких десятках, а может быть и сотнях страниц.

Несмотря на длительную историю культурного земледелия, дикая природа продолжает служить для человека существенным источником продуктов питания. В первую очередь это рыболовство. В разных странах мира в белковом рационе человека рыба составляет от 17 до 83%. Из рыбы, кроме того, получают витамины, кормовую муку для скота, малоценные (?) сорта рыб перерабатывают для использования в качестве сельскохозяйственного удобрения. При этом необходимо подчеркнуть, что основная доля (90%) рыбных запасов сосредоточена в морях. Большая часть улова приходится на зону шельфа, а так как населенность остальной части Мирового океана существенно ниже, то и трудности рыболовства там значительно больше.

Важный объект морского промысла - водные млекопитающие. Добыча китов составляет несколько десятков тысяч особей и год. Киты и ластоногие служат источником мяса, жира; некоторые виды добывают ради шкур с прочным и красивым мехом.

Значение диких растений и животных для человека не исчерпывается пищевой ценностью. Подавляющее большинство их необходимы как обязательные компоненты биоценозов, без них понятие "природа" просто утрачивает свое значение. Растения, например, лекарственные, приносят человеку ощутимую пользу. Дикорастущие виды до сих пор являются исходным материалом для селекции. Среди диких животных есть виды, перспективные для одомашивания.

Наряду с прямым влиянием человечество всеми формами своей деятельности неизбежно и неустранимо вносит косвенные изменения в состав и условия существования природных сообществ. Развитие транспорта и связи, грандиозные масштабы гидротехнического строительства и мелиоративных работ, существенные, если не катастрофические, изменения ландшафтов, а также индустриализации сельского хозяйства, - все это независимо от желания человека коренным образом изменяет условия существования окружающих его экосистем и отдельных видов живых организмов. Реакция живого "населения" Земли на эти изменения в принципе основывается на основополагающих механизмах организменного, популяционного и биоценотического уровня, которые были уже рассмотрены выше. В целом эти механизмы определяют развитие экосистем в условиях нарастающего антропогенного стресса, а знание этих механизмов позволяет прогнозировать направление формирования устойчивых и продуктивных сообществ и создаваемых культурных ландшафтов.

Особо следует остановиться на роли транспорта на увеличение переселения животных за пределы их естественного ареала. По своей сути этот процесс носит случайный характер: растения и животные "путешествуют" вместе с грузами, прикрепляясь к днищам кораблей, проникая в железнодорожные вагоны, трюмы судов, салоны и грузовые отсеки самолетов. Даже в незаселенных, глухих местах очень быстро появляются несвойственные местным сообществам виды, если в этих местах появляются поисковые геологоразведочные партии, отряды строительных рабочих, так как вместе с доставляющими их видами транспорта прибывают на новое "поселение" крысы, домовые мыши, амбарные вредители, семена сорняков и даже культурных растений, которые могут быть неадекватным местным биоценозам.

Примеры такого расселения известны с давних времен; так собака динго была завезена из Полинезии в Австралию еще до открытия ее европейцами. С увеличением скорости транспортных средств резко возросла возможность распространения живых организмов по всему миру, а объемы весьма впечатляющи: в 30х годах XX века было подсчитано, что в порт Гамбург за 3 года было завезено 490 видов животных, в том числе 4 вида ящериц, 7 -змей, 2 - амфибий, 22 - моллюсков, остальные - насекомые и паукообразные. А уже в наше время на маршруте из Тринидада на Кубу только на одном судне с рисом было обнаружено 42 вида членистоногих (И.А.Шилов, 2000 г., с.459).

Развитие средств транспорта в течение последних ста лет непрерывно поддерживало и усиливало эту “бомбардировку” всех стран чужеземными видами, перевезенными случайно или намеренно по морю, по воздуху или по суше из мест, которые ранее были разобщены... Этот всемирный процесс, усиливающийся с каждым годом, ведет к постепенной ломке того распределения видов, которое существовало всего сто лет назад” (Ч.Элтон, 1960, с.35-36).

И.А.Шилов (2000 г., с.460) пишет: “результаты интродукции живых организмов в новую среду (нередко за пределы естественного ареала) определяются чисто экологическими закономерностями». Исходным оказывается вопрос о том, насколько условия в местах интродукции соответствуют видовой нише и диапазону переносимых колебаний отдельных факторов и их компонентов (степени эврибионтности вида). Это один из ведущих “отсеивающих” факторов, препятствующих массовому закреплению им новых видов вне пределов исторически сложившегося ареала. При благоприятных кормовых и абиотических условиях укоренение вида возможно, если численность интродуцентов достаточна для формирования вида специфических размножающихся групп и если в составе местного биоценоза отсутствуют достаточно мощные конкуренты и многочисленные специализированные хищники.

При соблюдении этих условий по прошествии некоторого времени нередко наблюдается “демографический взрыв” интродуцированного вида, выражающийся в резком повышении численности и часто сопровождающийся неблагоприятными воздействиями на те же или иные условия жизни человека.

Весьма характерным по своей драматичности истории с появлением элодеи на европейском континенте. Она была завезена в 1842 году в Англию с американским лесом. Интенсивное размножение элодеи вегетативным путем привело в конце концов к ее распространению по всей Европе (в 1880 г. даже в окрестностях Петербурга в Неве, а в 1974 году она перешагнула Урал). С 1884 г. водный гиацинт с выставки в Новом Орлеане (США) распространился по всему миру вплоть до Австралии. Это растение способно в течение 10 месяцев покрыть плотным ковром водную поверхность площадью до 4 тыс м<sup>2</sup>. Помимо помехи судоходству, сплошной ковер водяных гиацинтов, препятствуя проникновению кислорода из атмосферы в воду, вызывает дефицит его в толще воды и замор рыбы и других водных живых организмов.

К числу этих примеров можно добавить распространение малярийного комара в Бразилии в 1929 году; вспышка численности непарного шелкопряда в 30-е годы XX века в США, в 60-е годы в Центральной России; размножение колорадского жука практически по всему миру и т.п.

“Причины подобных “демографических взрывов” также чисто экологические. В схеме они заключаются в том, что виды, нашедшие благоприятные условия в новых местах, на первых порах еще не входят в состав биоценоза и не испытывают контролирующего воздействия специфических паразитов, возбудителей болезней, хищников (на стадии невысокой численности) и т.п. С течением времени непомерные вспышки численности обычно купируются: вид входит в состав биоценологических связей, и его обилие устанавливается в зависимости от взаимодействия с популяциями других видов в системе биотического контроля. При этом в ряде случаев (чаще - относительно простых и малоустойчивых экосистемах, например, островных он может занять доминирующее положение” (И.А.Шилов, 2000, с.462)

Во всех случаях последствия интродукции всегда нарушают сложившуюся структуру сообществ. “Аналогичные закономерности часто проявляются и при целенаправленной акклиматизации видов, представляющих ценность для человека. И в этом случае стихийная, экологически не продуманная интродукция вида в новые условия может быть неудачной по разным причинам. При благоприятных условиях обычно в первое время численность интродуцированного вида растет даже превышая замыслы человека.

Вот так описывается история появления домовых воробьев в Америке. Известный зоолог Х.Меррием писал в середине XIX века в “Нью-Йорк геральд”: “Когда 250 лет назад в Америку прибыли первые отцы-пилигримы, их встретили кровавые томагавки и воинственные клики ненависти. Сегодня, когда к нам из Англии прилетели первые воробьи, мы раскрываем нашим крылатым пилигримам наши переполненные сердца и нежные объятия и говорили: “приветствуем вас, приветствуем о, прекрасные божьи птички! Дышите свободой Америки, размножайтесь и

пользуйтесь дарами нашей гостеприимной земли!”. Эта первая пара воробьев погибла, но американцы уже специально завезли партию воробьев из Англии, которые быстро укоренились, благо их охраняли и подкармливали. Однако через некоторое время они размножились настолько, что пришлось принимать экстраординарные меры по истреблению воробьев, так как массы птиц просто начисто уничтожали весь урожай зерновых и плодово-ягодных культур. В конце концов, нормализация численность осуществилась за счет вхождения вида в экосистему, сопровождавшееся увеличением роли биоценологических регуляторов. Иногда акклиматизация настолько мощная, что вид-интродуцент, может оказаться более сильным конкурентом, чем местные и способствовать их вытеснения. Так, проведенная в середине XIX века акклиматизация в Австралии диких кроликов превратила их в мощных конкурентов домашнего скота. В озере Балхаш интродуцированный судак вытеснил окуня. В некоторых случаях есть и другие биоценологические последствия интродукции новых видов; удачно акклиматизированная енотовидная собака в европейской части России стала истреблять огромное количество околородной дичи; ондатра включается в природные очаги туляремии.

Масштабы акклиматизации - как направленной, так и неумышленной - весьма велики. В США, например, известно около 200 тысяч вселившихся видов и разновидностей растений из всех частей света. Во флоре Англии чужеродных видов более 700, в Австралии в одном только штате Виктория известно 129 завезенных видов растений, из них 57 стран из Европы, 40 - из Африки, 30 - из Северной и Южной Америки, 2 - из Азии. До начала 70-х годов в бывшем СССР с целью акклиматизации было выпущено почти 470 тысяч особей и 48 видов только млекопитающих. (И.А.Шилов, 2000, с.465).

Глобальные масштабы интродукции новых видов ставят проблему экологического обоснования проектов акклиматизации в число наиболее важных прикладных аспектов экологии.

Особо следует рассмотреть экологические последствия воздействия на состав и биотические связи в водных сообществах при гидротехническом строительстве.

Известно появление значительного числа гидробионтов в Средиземном море из Красного моря после завершения строительства Суэцкого канала, (обратные перемещения сдерживаются солеными водами Большого Горького озера). В условиях Панамского канала есть существенное отличие: в его водообеспечение включены большие массы пресной воды, - это практически исключило возможность обменного движения по Панамскому каналу гидробионтов из Тихого и из Атлантического океанов.

Известно отрицательное влияние плотин гидроэлектростанций на воспроизводство запасов рыб в связи с перекрытием нерестовых путей; специальные каналы, рыбоподъемники, рыбоходы и т.п. сооружения либо малоэффективны, не действуют надлежащим образом, и, наконец, просто не проектируются и не строятся; в этом смысле показателен Дауговский каскад ГЭС в отношении угря: верхняя Кегумская ГЭС была оборудована удачным рыбоходом, который функционировал достаточно успешно, пока не построенная позднее выше по течению Даугавы Плявиньская ГЭС не прекратила движение угря вверх по реке, из-за неудачной конструкции рыбоподъемника, что заставило проектировщиков принять ошибочное решение в отношении построенной позже Кегумской станции в низовьях Рижской ГЭС, где вообще не был запроектирован и не был построен рыбоподъемник; гидрологи и ихтиологи ошибочно обосновали изменения миграционного пути угря в другие близлежащие реки.

Много рыбы погибает, попадая в оросительные системы; при этом 90% их попадает туда ночью, так как у рыб в это время не выражена реакция на направление и скорость течения, но ни один гидростроитель даже не позволяет себе задуматься при проектировании о каких-то “световых” защитах на выходе в оросительные системы.

Образование колоссальных по объему и площади водохранилищ кардинально меняет ландшафты, а некоторые специалисты считают, что вообще сказываются на биомы. Обычно даже при не очень крупных гидроузлах созданное водохранилище приводит к тому, что исчезают прежние (лесные, луговые) биоценозы, приуроченные к поймам и надпойменным террасам рек; формируются новые системы “пограничных” околородных сообществ, состав и функции которых находятся под климатообразующим и гидрологическим влиянием водохранилища. Активное



развитие получают неблагоприятные геологические процессы: оползни, оврагообразование, подтопление, заболачивание территории, не говоря уже о “наведенной” сейсмичности в районах глубоких водохранилищ, как, например, в окрестностях Нурекской ГЭС.

Яркий пример отдаленных экологических последствий крупных гидротехнических процессов представляет сооружение Асуанской плотины на Ниле. Долина Нила, особенно ее низовье, с незапамятных времен была центром сельского хозяйства, за счет которого в конце XX века существовало около 33 млн человек, населяющих долину. Высокое плодородие почвы определялось здесь ежегодными паводками, которые хотя и приносили временами крупные разрушения, но одновременно способствовали увлажнению почвы и обогащению ее за счет мощных отложений плодородного ила. Строительство плотины имело целью устранить неблагоприятные последствия паводков и упорядочить орошение с помощью специально созданной ирригационной системы и таким образом противодействовать возникающим время от времени засухам. Одновременное создание мощной электростанции обеспечивало энергетическую базу модернизации сельского хозяйства и развития индустриализации в регионе. Постройка плотины была завершена в 1970 году и практически сразу же появились неблагоприятные последствия в окружающей зоне гидроузла; во-первых, в силу интенсивной фильтрации в борта водохранилища не удалось достичь проектной отметки уровня водохранилища (проектная кольматация пор грунтов днища и бортов водохранилища иловатыми наносами не осуществилась, так как они продолжали откладываться в пределах старого выработанного русла реки - в общем эта была ошибка гидрографов), равно не была правильно определена величина потерь воды за счет испарения. Зарегулирование стока сняло влияние паводков. Орошение полей осуществляется только в системе каналов. В результате прекратилось ежегодное поступление на поля ила и вымывание из почвы солей, что прогрессивно ухудшало плодородие почв; в сельском хозяйстве потребовалось применение минеральных удобрений. Возникли эрозионные процессы в берегах оросительных каналов и абразия во вновь созданном водохранилище; по неясным причинам возник “демографический взрыв” в популяции плоского червя, вызывающего заболевания у человека. Сумма ожидаемых последствий сооружения Асуанского гидроузла сказывается не только в долине Нила, но и в экосистемах восточной части Средиземноморья (И.А.Шилов, 2000, Кулиер В., 1974).

Ландшафтные изменения в современных условиях антропогенного натиска представляет собой все нарастающий постоянно действующий экологический фактор постепенно развивающийся из регионального в глобальный. Ландшафтные изменения влекут за собой деформации видового состава, структуры и системы связей внутри биогеоценозов. Ландшафты представляют собой исключительно территориальное образование и в этом смысле испытывают непосредственное воздействие деятельности человека, как живого существа обитающего исключительно на суше. В процессе антропогенеза природные комплексы изменяются таким образом, что это влияет не только на отдельные виды, но и на целые сообщества живых организмов. Экологические механизмы влияния преобразования ландшафтов еще далеко не изучены и пока прорисовываются только в самых общих чертах. В схеме можно говорить о следующих главных направлениях этого процесса (по И.А.Шилову, 2000):

1. Антропогенные изменения ведут к обеднению видового состава и упрощению биоценологических связей в экосистеме; упрощение почти всегда сопутствует снижению устойчивости систем как к внешним воздействиям, так и к нарушению динамического равновесия внутрисистемных взаимосвязей;

2. Связанное с деятельностью человека введение в исходный тип ландшафта элементов мозаичности увеличивает биологическое разнообразие и усложняет связи в биоценозе; это повышает устойчивость антропогенных биоценозов такого типа;

3. Антропогенные (“культурные”) ландшафты всегда в чем-то несут черты, свойственные каким-либо естественным. Это определяет их пригодность и даже привлекательность для организмов определенных жизненных форм. На этом строится формирование биотических комплексов антропогенных экосистем.

Вместе взятые, эти свойства антропогенных ландшафтов определяют дифференцированную реакцию живых организмов на вновь сформированные условия как

биотические, так и абиотические и лежат в основе антропогенных сукцессий преобразуемых человеком экосистем.

Самое распространенное изменение антропогенного ландшафта - это его упрощение, создание "ландшафтной монотонности" и на этой основе - разрушение сложных экосистем с заменой их более простыми. Особенно наглядно это видно на примере введения монокультур в сельском и лесном хозяйстве. В условиях монокультур резко обедняется видовой состав растительного сообщества, а вслед за этим и животного населения исходного биоценоза. При распаханности и затем засевании степных залежных земель пшеницей, возникает "культурная степь", в которой сохраняются принципиальные особенности рельефа, почвы, теплового и влажностного режимов других ландшафтных параметров степной экосистемы, но сложный травостой заменяется одним видом злаковых, монотонно распределенным по всей площади. Остальные виды растений, а вместе с тем и большое число видов животных, связанных с ними в естественной степени, выбывают из состава экосистемы. Они или отступают в нераспаханные участки, или, что случается чаще, вымирают. Но сохранившиеся виды получают в измененной среде дополнительные условия для наращивания численности (изобилие пищи, упрощение и несовершенство биоценологических регулирующих механизмов). Резкий подъем численности таких видов воспринимается человеком как вредная деятельность, изымающая часть урожая возделываемых культур. Так возникает проблема вредителей; она целиком основывается на упрощении структуры и функций экосистем.

Сходным образом идет процесс упрощения экосистем и при массивированных вырубках леса. Если на вырубке осуществляется земледельческая деятельность, то образуется упрощенная "степная" экосистема; в том случае, когда рубка замещается лесопосадками, то, как правило, это монокультурная экосистема, потому что человеку невыгодно с экологической точки зрения высаживать обычный естественный набор древесных пород, а лучше получить с новых лесных участков ценные породы леса. В этом случае также налицо упрощенная экосистема, чистота которой поддерживается всей технологией лесного хозяйства, поскольку именно в чистых культурах возможно широкое применение техники как в процессе выращивания ценных лесных пород, так и при последующей эксплуатации леса. Одним из экологических последствий является возможность массовых вспышек размножения вредителей данной породы в силу ослабленного биотического контроля их численности. Обычный таежный короед в нарушенных рубках леса выступает как серьезный вредитель, так как в упрощенных экосистемах биоценологический контроль резко ослаблен.

Установлен также факт увеличения некоторого разнообразия видов при нарушениях человеком природных экосистем, особенно в переходных буферных зонах между природными и антропогенными экосистемами, главным образом, за счет увеличения мозаичности в ландшафтной системе. Это дает возможность некоторой компенсации разрушений в ландшафтах путем целенаправленной деятельности в разнообразии систем за счет усложнения трофических структур биоценозов и тем самым повышением эффективности естественных регулирующих механизмов.

В открытых ландшафтах (степи, обширные пространства посевных культур подобным типам "целинных" и "залежных" земель) биоценологическое разнообразие может быть создано конструированием лесных полос, живых изгородей, лесных участков. Показано, что такие "интразональные" включения в ландшафт благоприятно сказываются на температурном, влажностном и энергетическом режиме прилегающих территорий. Здесь формируется новый комплекс животного населения, выполняющий функции биоценологического контроля в прилегающих монокультурах или просто организованных сообществах.

Монокультурное сельское хозяйство имеет очень сложную систему собственного "жизнеобеспечения", так как целевая направленность его - это выгода в продуктивности, в получаемой биомассе. А здесь, как говорится все средства хороши, и первым среди них является применение удобрений и средств борьбы с вредителями и сорняками. Ярчайшим примером может служить монокультурное возделывание хлопчатника в Каракалпакии, где массивированное применение удобрений, пестицидов, гербицидов и дефолиантов при "арычной" системе орошения земледелия, создало условия практического разрушения прежней экосистемы и формирования

антропогенной экосистемы неспособной к самостоятельному существованию. Попутными эффектами стало нанесение вреда здоровью населения, за счет вдыхания пыли перенасыщенной ядохимикатами при ручной уборке урожая хлопчатника и при употреблении питьевой воды, загрязненной дренажными поливными водами.

Внесение элементов мозаичности, повышающей экологическое разнообразие ландшафтов осуществляется иногда не обязательно целенаправленно, а бывает и стихийным при освоении новых регионов. Возникновение поселений человека внутри лесных массивов всегда связано с расчисткой значительных площадей, формированием сельхозугодий, искусственных водоемов. И в случае, когда нет активного загрязнения выбросами и отходами, это может, как например, в Канаде в последние 30-40 лет, привести к росту численности бобров, что напрямую связано с увеличением площади лиственных лесов за счет интенсивных рубок хвойных деревьев. К сожалению нефтегазодобыча в Западной Сибири и особенно в ее северной части имеет исключительно негативный экологический эффект в силу указанного выше колоссального загрязнения углеводородами весьма чувствительных лесотундровых и тундровых экосистем, многие из которых развиты вдобавок на зонах вечной мерзлоты.

В нелесных ландшафтах элементы мозаичности и усложнения вносятся в экосистемы с появлением поселков в силу развивающегося стремления человека в создании искусственных водоемов, садов, парков, огородов и т.п. К примеру, в пустынях в антропогенных оазисах формируется своеобразный специально подобранный искусственный комплекс растительности и животных, резко отличный от пустынных фито- и зооценозов. То же происходит и в степной зоне с той разницей, что контраст антропогенных и зональных биоценозов выражен, как правило, не столь резко. В числе привносимых человеком в открытые ландшафты структурных элементов, а это происходит практически всегда при строительстве и отчасти при сельскохозяйственных работах, большое значение имеют такие, которые увеличивают "объемность": "культурный лес", жилые и хозяйственные сооружения, скирды, ометы соломы, склады грунта, полезные выемки и насыпи при создании транспортных инфраструктур и т.д. В этом плане могут иметь значение даже небольшие, на первый взгляд, изменения местности. И.А.Шилов (2000 г.) с.472 пишет: "прослежено...кучи камней, вынесенных с полей при обработке, привлекают змей, повышая их численность вблизи сельскохозяйственных угодий. В бывшей Югославии в таких условиях концентрация некоторых видов змей - обычное явление".

Дифференцированная реакция разных видов - наиболее общая закономерность биоценотического ответа на антропогенные преобразования ландшафтов. Реакция каждого вида на изменение окружающих условий определяется тем, как соотносятся эти изменения с эволюционно сложившимся отношением вида к комплексу условий его существования, т.е. основывается на экологических правилах оптимума и минимума. Основная причина вымирания видов животных в последние столетия заключается не в физическом их истреблении, а в нарушении условий нормального существования и воспроизведения. Даже в "классических" случаях прямого уничтожения (бизоны, странствующий голубь и др.) фактической причиной вымирания было нарушение основ популяционной структуры и соответственно механизмов репродукции и ее контроля. "Добывали" уже не организованных в саморегулирующиеся популяции особей, доживающих свой индивидуальный жизненный срок. Это позволяет при сохранении популяций в заповедниках или даже в искусственных условиях путем применения необходимых биотехнических мероприятий или через фазу воспроизведения восстанавливать живые организмы, находящиеся на грани исчезновения.

Иногда в условиях культурных ландшафтов постепенно формируются экосистемы сельскохозяйственных ландшафтов, населенных пунктов, зон отдыха и т.п., включающие широкий круг видов вплоть до синантропов - животных, направленно эволюционирующих по линии связи с человеком и в настоящее время почти не встречающихся вне сферы влияния его деятельности.

Процесс синантропизации - постепенный и достаточно длительный. Начинается он с предпочтительного поселения представителей какого-либо вида в антропогенно измененных ландшафтах. Известно, например, что в Европе ряд видов птиц (черный и певчий дрозды, вяхирь и др.) в древесных насаждениях городов и других населенных пунктов достигают большей

численности и плотности населения, им в естественных биотопах. В Подмосковье белые трясогузки гнездятся в постройках человека, а в Финляндии число таких гнездовых достигает более чем 85%. Причина заключается в том, что культурное лесное хозяйство предусматривает расчистку леса от бурелома, куч хвороста, поваленных дуплистых деревьев, что заставляет трясогузку искать защиту гнездовых в постройках человека. В конце 70-х начале 80-х годов XX века в Великобритании, Ирландии, Бельгии, Нидерландах регистрировали регулярное питание тундровых лебедей на полях сахарной свеклы, в ряде случаев - совместно с гусями, что подразумевало возможность перезимования для лебедей. Аналогичные случаи использования "складов" пищи, например, картофеля кабанами, лосями и некоторыми другими животными.

На этих же экологических основах строится естественное формирование фауны городов, чисто "человеческих" элементов ландшафта. Однако фактически животные реагируют на города как на конгломерат условий, имитирующих естественные: нагромождение скал, обрыва, леса, водоемы и т.п. На этой основе формируются специфические урбанизированные комплексы видов, использующие эти условия. По И.А.Шилову (2000 г. с 474). "Есть данные, что в Центральной Европе до 70% местной герпетофауны (змей) включается в состав обитателей урбанизированной территории, где они связаны с зелеными насаждениями и водоемами. В Санкт-Петербурге гнездится не менее 35% видов орнитофауны (птиц) области".

Особенности городской архитектуры открывают широкие возможности для поселения многих видов птиц и других животных. Часть из них прямо связаны с намеченными строениями, имеющими множество ниш, щелей, уступов, карнизов и т.п. Известно, например, что в Европе расселение некоторых видов птиц, гнездящихся в скалах прямо связано с распространением каменной архитектуры. Таковы, например, сизые голуби и стрижи. Другие виды заселяют городские парки, бульвары и другие озелененные участки города (белки, дрозды, зяблики и др.) или искусственные водоемы (утки). Часть видов связана с городскими свалками, концентрируются в местах сбора мусора и т.п. (грачи, вороны, галки, голуби и даже чайки). Подземные коммуникации широко используются пасюками (крысами).

Плотная застройка создает в городе благоприятный микроклимат, что служит причиной формирования оседлых городских популяций некоторых птиц. Обычно эти популяции отливаются высокой численностью и плотностью, а также исключительной плодовитостью. Это характерно и для заселяющих города грызунов (в том числе и несинантропных). Причиной является обилие корма и практическое отсутствие хищников как биоценологических регуляторов.

Попутным явлением для синантропной фауны обычно бывают адаптационные изменения: растянутые сроки гнездования, широкий диапазон суточной активности, вплоть до пения дроздов в январе. Забота о городских водоемах сделала их практически непригодными для выплода комаров, однако личинки их теперь развиваются в больших лужах внутри городских зданий (подвалы и др.).

Богатая городская фауна удовлетворяет эстетические запросы человека, способствует возникновению устойчивых, саморегулирующихся экосистем, поддерживая, в частности, сохранность зеленых насаждений - почти единственного источника кислорода в урбанизированной среде. Иногда же возникают и некоторые негативные последствия: некоторые птицы повреждают фруктовые сады и виноградники; создают ощутимые помехи работе аэропортов; голуби способны переносить опасные для человека заболевания. К потенциальным рассадникам инфекций добавляются и активно внедряющиеся в городскую среду популяции одичавших собак и кошек. Все это относится к формированию сложных и устойчивых растительных сообществ - пока озеленение городов ведется зачастую "по наитию", для решения эстетических задач без надлежащего экологического обоснования и без учета возможных экологических последствий.

Приспособление к обитанию в измененных человеком ландшафтах не ограничивается лабильными компенсационными реакциями на уровне отдельных организмов. Устойчивое внедрение в антропогенные экосистемы всегда связано с закреплением приспособительных свойств в процессе естественного отбора. Это в определенной мере микроэволюционный процесс. Результатом оказывается образование новых видов, специфически приспособленных к новым условиям существования. Это виды - *синантропы*, которые в современной фауне уже почти полностью связаны с человеком и созданной им средой. Если не считать специфических паразитов,

эволюция которых определялась биологическими, а не социальными особенностями человека: из млекопитающих - серая крыса (пасюк), домовая мышь; из птиц - серая ворона, домовый воробей. Несмотря на то, что у всех этих видов имеются популяции, обитающие в "дикой" природе, основные экологические характеристики их связаны с приспособлением к обитанию в антропогенном ландшафте. При этом, если мыши и воробьи просто используют те возможности, которые открывает жизнь вблизи человека (общие корма, подходящие убежища, благоприятный микроклимат и др.), то ворона и пасюк активно осваивают окружение человека, опираясь на развитые формы высшей нервной деятельности, причем вариабельность и оперативность этих форм определяют все большую тенденцию к укоренению ворон и крыс в окружающей человека городской среде.

Практически синантропными стали насекомые и клещи, которые теперь относятся к амбарным вредителям, хотя прежде они населяли норы и "закрома" грызунов. Огромные скопления зерна, сопровождающие "индустриализованное" сельское хозяйство и пищевую промышленность, обусловили экологические причины адаптации этих организмов к обитанию в сфере жизнедеятельности человека.

Примеры быстрой эволюции, связанной с выработкой эффективных приспособлений к антропогенным воздействиям, неоднократно регистрировались у видов испытывавших особенно сильное давление со стороны человека. Известно, например, быстрое становление штаммов различных микроорганизмов и вирусов, устойчивых к антибиотикам. Эффективность этого процесса определяется генетическими механизмами и повышенными темпами смены поколений.

На такой же генетической основе базируется почти столь же быстрое "привыкание" ряда видов членистоногих к действию ДДТ и других пестицидов. По существу, уже начиная борьбу с вредителями, человек "запускает" механизмы естественного отбора на выживание резистентных к данным препаратам форм. У млекопитающих снижение эффективности использования химических средств борьбы достигается как отбором на устойчивость к отдельным группам ядов, так и выработкой оборонительных форм поведения, в частности, появлением так называемой "неофобии" (боязни нового и необычного) - негативной реакции на необычные предметы. В современных условиях неофобия эффективно вырабатывается у серых крыс, что резко снижает успешность борьбы с этими грызунами.

Вероятно, в условиях постоянного влияния человека на природные процессы реализуются все "классические" формы эволюции, связанные со становлением новых черт приспособленности. В частности, возможно и эволюционное значение "воли численности" в изменениях генофонда популяций, лежащих в основе микроэволюции.

Как и при других формах эволюции, под влиянием антропогенного воздействия изменяются не только отдельные виды, но и целые биоценотические комплексы. В частности, предполагалось, что по мере освоения таежных экосистем очаги таежного энцефалита будут затухать, в силу вытеснения прокормителей клещей от поселений человека, но оказалось, что это предположение ошибочно, так как нимфы клещей стали выкармливаться на мелких птицах, собаках и пр., а иногда на домашнем скоте. Очаги клещевого энцефалита не только не стали затухать, а вплотную приблизились к поселениям человека.

Освоение антропогенных ландшафтов идет на основе экологической дифференциации разных видов по их реакции на вносимые человеком изменения. "Виды, способные активно осваивать новые условия представляет собой экологический резерв, фонд для направленного формирования биоценозов различных вариантов антропогенно измененной среды. Укрепление их в новых экосистемах определяется популяционными механизмами, обеспечивающими воспроизведение популяции, формирующими ее реакцию на условия среды и взаимоотношения с популяциями других видов. Целостный биоценотический комплекс формируется на базе устойчивых трофических и иных форм отношений видов друг с другом" (И.А.Шилов. 2000, с.480).

### **Сельское хозяйство как экологический фактор**

*Сельское хозяйство* представляет собой одно из важнейших прикладных проблем экологии. Агроекосистемы занимают все более и более значимые площади на Земле. Только за четверть века - с 1950 по 1975 гг. - площадь, занятая зерновыми культурами, возросла на  $1,25 \times 10^6$

км<sup>2</sup>, т.е. почти на 1% свободной ото льда поверхности суши. Земледелие связано с коренным изменением ландшафта в виде вырубки (сведения) леса, распашки целинных или так называемых залежных земель, различных форм мелиорации.

Сельскохозяйственное производство в своей конечной цели имеет достижение максимальных урожаев, что в принципе определяет существенное упрощение экосистемы вплоть до монокультур. При этом животный мир всегда представлен вредителями сельскохозяйственных культур. Существенное направление деятельности человека в этих искусственных экосистемах представляет собой поддержание обедненного видового состава: человек активно борется с сорняками, т.е. другими видами растений и вредителями выращиваемых растений. Это влечет за собой потерю устойчивости систем, показателями чего являются вспышки вредителей, болезней растений, высокая чувствительность к засухе или к переувлажнению и т.д.

Малая устойчивость и конкурентоспособность культурных растений обусловлено тем, что функции естественного отбора были заменены искусственным отбором при вмешательстве человека. В результате агроэкосистемы в значительной мере теряют самостоятельность и при воздействии природных и техногенных катаклизмов культурные растения очень быстро вытесняются сообществами “диких” видов.

Агроэкосистемы имеют также еще одно важное свойство, - они обладают неполного круговорота: ежегодно из экосистемы безвозвратно изымается большая часть продукции в виде урожая, результатом становится обеднение почвы, что отчасти и неполно компенсируется внесением органических и минеральных удобрений. Кстати наиболее примитивные древние формы земледелия: “огневое”, подсечное обладали почти полными круговоротом, так как сам принцип агротехники был цикличным.

Изъятие урожая приводит к эволютическим изменениям животных; большинство из них стремится к созданию запасов в большем объеме и постепенной миграции к человеческим поселениям, и в частности, к зернохранилищам, элеваторам, токам и т.п.

Искусственное снижение видового разнообразия агроэкосистем, упрощение их структур, поддержание искусственных систем на уровне максимальной продуктивности требует от человека исполнения биоценологических функций, которые нарушены им при создании агроэкосистем.

В современной мировой системе хозяйства любые ресурсы имеют вполне реальную стоимость и нерациональное, расточительное использование экономически невыгодно. Реальность “экономической регуляции” доказана в ряде развитых капиталистических стран. В США, например, в настоящее время создана система практически бездефицитного баланса питательных элементов и органики в почвах, соответствующая финальной части биологического круговорота. Это позволяет получать высокую продукцию без увеличения площади посевов; только за последние десять лет здесь высвобождено для использования под многолетние травы 20% общей площади пашни. (Б.М.Миркин и др., 1992).

На использовании пригодных к земледелию территорий следует остановиться особо. К настоящему времени в лучшей или худшей степени, с большой или низкой продуктивностью на планете используется более одной трети суши. При учете того, что в оставшихся двух третях площади поверхности “расположились” горные системы, материковые ледники, леса, тундры, а также малопригодные к сельскохозяйственному освоению площади, то перспектива распространения “горизонтального” эффективного земледелия оказывается весьма ограниченной. При росте же численности человечества, при том, что более двух третей его испытывают затруднения с получением пищи, а в некоторых странах свирепствует настоящий голод необходимость расширения пахотных и других пригодных к распашке земель очевидна.

По данным некоторых специалистов при современных темпах роста населения, существующих агротехнических технологиях, которые не могут превысить определенного уровня продуктивности сельскохозяйственного производства даже вовлечение оставшихся свободных к “распашке” земель не сможет решить проблему полного обеспечения населения Земли земледельческими продуктами питания.

В связи с этим активно изучается и “прорабатывается” в техническом исполнении идея об “объемных” агроэкосистемах. В ее основе лежит уже известная с давних времен система террасного

земледелия, дающая возможность использования земельных неудобий. Кроме того современные успехи селекционеров позволяют получить урожаи с растений древовидного типа, кустарников и т.п. Вертикальные агроценозы достаточно перспективны в повышении биопродуктивности в пересчете на используемую к земледелию площадь.

Не менее важные экологические проблемы возникают и в области животноводства. Разведение домашних животных представляет собой форму наиболее полного и гарантированного овладения ресурсами. Разводимые в неволе животные существуют в коренным образом измененных условиях жизни, сохраняя при этом ряд биологических и физиологических свойств, присущих данному виду и сложившихся в процессе эволюции в порядке приспособления к жизни в определенной среде, в составе конкретных экосистем. При этом необходимо решение ряда экологических и биологических проблем: требований к питанию, климату, воспроизведению; с оценкой влияния домашних животных на окружающие экосистемы, в том числе воздействие выпаса на фитоценозы, конкуренция с дикими видами, распространение гельминтов, участие в природных очагах инфекций и т.п.

В качестве примера индустриализации животноводства обычно приводится искусственная инкубация и производство птичьего мяса. Но очень остро стоят проблемы удаления отходов животноводства, особенно птичьего и свиного навоза, которые представляют собой источники ряда весьма опасных для человека и других животных организмов инфекций. Весьма сложной для решения является проблема устойчивой круглогодичной продуктивности молочного производства, оказывается стойловое содержание и стадные иерархические отношения противоречивы, но только оптимизация их в сочетании друг с другом как показали достижения специалистов Нидерландов может быть очень перспективной.

Другая форма прямого управления процессом биологической продуктивности - это создание культур тех или иных биологических объектов, продукция которых интересует человека. Достаточно известны достижения в микробиологии, где успешно разводятся живые культуры микроорганизмов. Производство дрожжей, антибиотиков и других лекарственных препаратов в промышленных масштабах основывается на культурах различных микроорганизмов, технология которых тонко учитывает биологическую специфику и воспроизводительные возможности культивируемых объектов.

Среди высших организмов наибольшие успехи в разведении достигнуты в области аквакультур. Значение промышленного разведения водных организмов очень важно и имеет серьезные перспективы. В настоящее время около 25% всех животных белков добывается из водной среды. В 80-е годы общая мировая добыча рыб, водных позвоночных и водорослей превысила 70 млн.т, однако это составляет всего лишь 1% потребляемой человеком пищевой продукции, а 99% приходится на сельское хозяйство. Надо отметить, что пока, главным образом, простая эксплуатация - рыболовство, добывание моллюсков и ракообразных; задачей же становится активное разведение гидробионтов, т.е. аквакультура. В середине 80-х годов на долю этой деятельности приходилось 10 млн. т, т.е. около 12,5% общей добычи морской продукции.

По И.А.Шилову (2000 г. с.4852486): "в узком смысле слова аквакультура предполагает промышленное выращивание гидробионтов по определенной технологии с контролем на всех стадиях развития разводимых организмов. Таким путем на морских мелководьях ведется производство жемчуга, разведение съедобных моллюсков, ракообразных, водорослей. Применяются и интенсивные формы культуры с использованием искусственных бассейнов, проточных лотков и т.п."

Наибольшую перспективность в настоящее время в России имеет развитие аквакультуры в пресноводных водоемах, фонд которых огромен, но пока продуктивность очень низка: всего 10-12 кг/га, а порой и гораздо меньше.

В этом отношении наиболее перспективны следующие подходы:

- улучшение качественного состава ихтиофауны искусственное воспроизведение местных видов на рыбоводных заводах, специальных нерестовых хозяйствах и искусственных нерестилищах и т.д.

- биологическая мелиорация водоемов: подавление численности сорных и малоценных рыб путем вселения хищников;
- создание управляемого товарного рыбного хозяйства: выпуск молоди ценных видов рыб для нагула на естественной кормовой базе, поликультура рыб, подкормка и т.п.;
- улучшение кормовой базы, применение удобрений и т.д.;
- гидротехническая мелиорация водоемов: очистка, углубление, осветление, улучшение водного питания и гидрологического режима водоема в целом.

В этом смысле важнейшим представляется вопрос о заповедных акваториях в ключевых местах для биологии ценных видов рыб. В настоящее время в России нет ни одного рыбного заповедника.

Аквакультура, основанная на фундаментальных экологических предпосылках, способствует интенсификации получения биопродукции, а также использованию искусственных водоемов промышленного назначения, например, охладителей тепловых и атомных электростанций.

Важным аспектом деятельности человека в "агрокультурном" направлении является контроль численности экономически важных видов живых организмов. Эта проблема имеет большое значение в сфере борьбы с вредителями сельского хозяйства, носителями инфекций в природных очагах болезней и т.п. Борьба с ними ведется преимущественно химическими средствами; найдены и используются весьма эффективные яды, разработаны экологически обоснованные способы их применения. Общая результативность уничтожения, например, грызунов составляет до 90-95% и практически достигла предела. И тем не менее общий эффект контроля достаточно низок; через относительно короткий период времени после истребления численность восстанавливается, и эти мероприятия приходится регулярно повторять и тем самым "экономичность" этой работы весьма низка. Дело в том, что истребление невозможно до последней особи и выживание популяции определяется в первую очередь разнокачественностью особей по генетическим, физиологическим и энтологическим свойствам, в силу чего разные особи отличаются по чувствительности к яду, отношению к отравленной приманке (неофобия), характеру активности, степени широты поиска кормов и т.д. В целом разработка стратегии и тактики борьбы с вредителями должна основываться на учете популяционных механизмов регуляции численности, например, уже проведены обширные экспериментальные и полупроизводственные исследования с применением препаратов-стерильянтов, ингибирующих воспроизводительную потенцию самцов. В этом случае поведение животных внешне не меняется, они сохраняют способность к спариванию, но результативность размножения резко снижена, что приводит к прогрессивному падению численности популяции. Это должно стать одним из главных направлений борьбы с грызунами в постройках человека.

Недостатком химических средств борьбы заключается в том, что появляются популяции нечувствительные к применяемым препаратам. Возникновение резистентных форм у насекомых и грызунов основывается на популяционных процессах, зависящих от генетической структуры популяции и приближающихся по своим механизмам к микроэволюционным преобразованиям.

При эксплуатации популяций экономически значимых видов (пушные звери, дичь и т.п.) человек заинтересован в устойчивом поддержании высокой численности и продуктивности. Контроль численности экономически значимых видов есть форма активного управления биологическими ресурсами.

Ресурсосбережение

Как видно из вышеизложенного человечество не может существовать без использования ресурсов планеты, многие из которых при нынешнем развитии техники и технологий могут быть исчерпаны практически без остатка. Это в свою очередь окажет без всяких сомнений прямое негативное влияние на условия существования как будущих поколений, так и на функционирование биосферы как глобальной экосистемы. Исчерпание природных ресурсов кроме экологического имеет еще очень значимый социальный, общегуманитарный аспект: Никто не давал права нынешним поколениям оставить без какого-либо даже малозначимого на первой взгляд



составляющего нашей планеты будущих ее жителей, будь то люди или другие живые организмы. Ответственность перед будущим - это одна из главнейших общечеловеческих проблем.

В связи с этим серьезное значение имеет реализация программ ресурсосбережения. Само по себе ресурсосбережение или технологии ресурсосбережения многоаспектная задача, затрагивающая практически все сферы человеческой деятельности и требующая кроме технических решений серьезного решения задач образования и воспитания человека, т.к. только в этом случае возможен поиск инженерных решений в сбережении ресурсов планеты для будущих поколений без потери качества жизни современных людей.

Технология ресурсосбережения - это производство и реализация конечных продуктов с минимальным расходом вещества и энергии на всех этапах производственного цикла (от добывающих до "распределяющих" отраслей) и с наименьшим воздействием на природные экосистемы и человека. Это выражается прежде всего в энергетической эффективности - соотношении между затрачиваемой (или имеющейся) энергией и полезным продуктом, получаемым при этих затратах. Интересным представляется следующее заключение о том, что превращение высококачественной энергии, извлекаемой из ядерного топлива в тепловую энергию с температурой в несколько тысяч градусов и далее в высококачественную электроэнергию, а затем использование этой энергии для поддержания температуры в доме на уровне 20°C является чрезвычайно расточительным процессом. Как отмечает Т.Миллер (1993 г.) использовать высококачественную энергию для производства низкокачественного тепла - "это все равно, что резать масло циркулярной пилой или бить мух кузнечным молотком". Поэтому основным принципом использования энергии должно быть соответствие ее качества поставленным задачам. Во многих странах для обогрева жилищ стали применять солнечную энергию, энергию термальных источников, энергию ветра и пр., в районах с холодным климатом - наилучшим способом отопления является создание зданий, абсолютно изолированных от внешней среды.

На рис. показаны модели двух типов общества - общества "одноразового" потребления и создающего отходы и общества природосберегающего типа. Первый тип характерен для наиболее промышленно развитых стран - "постиндустриального" общества, который базируется на использовании как можно большего количества энергии и вещества и с большой скоростью превращает высококачественную энергию в низкокачественную, вещества в отбросы, в загрязняющие компоненты. И второй тип - природосберегающее общество - основой которого является разумное использование энергии и рециркуляция вещества, вторичное использование невозобновимых ресурсов, сокращение потребления и потерь энергии и ресурсов.

При этом особенно важно эффективно использовать энергию, не применяя без особой необходимости ее высококачественные виды. И, наконец, в этой модели будущего общества на всех уровнях (локальном, региональном, глобальном) - не должен быть превышен порог экологической устойчивости окружающей среды. При этом для ограничения потерь ресурсов и предотвращения загрязнения необходимо учитывать информацию о воздействиях на окружающую среду на "входе" в нее. К примеру, значительно проще и дешевле предотвратить попадание токсичного загрязнителя в подземные воды, служащие источником питьевых вод, чем пытаться очистить уже загрязненную воду.

Одним из наиболее долговечных, на настоящий момент, загрязнителей окружающей среды являются пластмассы (по некоторым данным наиболее легко разлагающиеся виды пластмасс требуют для осуществления этого процесса не менее 100 лет). Производство пластмасс к началу 2000 г. достигло в мире более 105 млн.т. При этом на долю США приходится около 30 млн.т, на Японии почти 15 млн.т, ФРГ около 10 млн.т и т.д. В связи с этим в ряде стран ведутся разработки новых видов пластмасс - синтетических органических материалов, разлагающихся биологическим путем. В качестве примера можно привести достигнутые одной из фирм Бельгии успехи в изготовлении изделий, состоящих из полиэтилена и компонентов, содержащих окислитель, катализатор и до 6% кукурузного крахмала. При попадании этих изделий в почву вместе с отходами, крахмал разрушается почвенными бактериями, а в результате реакции окислителя с содержащимися в почве солями металлов образуются соединения типа различных перекисей, которые в течение 2-3 лет превращают остатки пластмассы в воду и углерод. Уже получены

результаты для полупромышленного производства пластмасс, содержащих до 50% кукурузного крахмала. Единственной, но во многом определяющей проблемой, является пока высокая стоимость этих пластмасс.

Серьезной проблемой ресурсосбережения представляется разрушение стереотипов в использовании ряда ресурсов для получения энергии путем их сжигания даже в весьма "экономических" двигателях внутреннего сгорания, - речь идет об углеводородном сырье, из которого получают бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, то есть основу работу большинства, работающих на Земле двигателей. Давно уже нужно выполнить слова Д.И.Менделеева о том, что использовать для этих целей нефть равносильно тому, что "топить печь ассигнациями".

## Глава 20. Энергетические проблемы во взаимодействии человеческого общества с окружающей средой

Вся история существования человека, становления и развития человечества тесно связана с извлечением и потреблением энергии. Все потребности человека могут быть удовлетворены лишь при условии получения энергии, чем энергия доступнее, тем качество жизни человека выше, а ее продолжительность больше.

Первый энергетический скачок в человеческой истории произошел, когда человек научился добывать, использовать и поддерживать огонь. Главные энергетические источники в это время заключались в мускульной силе самого человека, древесных и иных горючих растительных материалах.

К средним векам человек научился использовать рабочий скот, энергию ветра, воды, дров, угля и некоторых других природных горючих минеральных ресурсов – нефти, сланцев, торфа. Потребление энергии по сравнению с первобытными общинами возросло примерно в 10 раз.

Современное человечество в индустриальном обществе потребляет в 100 раз больше энергии, чем первобытный человек, да и живет в четыре раза дольше и неизмеримо в более комфортабельных условиях.

В современном мире энергетика является основой развития базовых отраслей промышленности, определяющих прогресс общественного производства. Во всех промышленно развитых странах темпы развития энергетики опережали темпы развития других отраслей деятельности. И при всем этом энергетика – один из источников неблагоприятного воздействия на окружающую среду и на человека, как часть биосферы.

Влияние энергетики весьма разнообразно:

- на атмосферу путем потребления кислорода, выбросами газов, влаги, золы, пепла и т.п.;
- на гидросферу, за счет потребления воды, созданием водохранилищ, сбросами загрязненных и нагретых вод, жидких отходов;
- на атмосферу – изменениями ландшафтов, потреблением ископаемых топлив, выбросами токсинов;
- на биосферу – путем изменения абиотических факторов и непосредственным воздействием загрязнителей на живые организмы, включая нарушения в функционировании управляющих связей в экосистемах.

Глобальное потребление энергии возросло в 30 раз за последние 200 лет, прошедших со времени начала индустриальной эпохи и достигло к 1994 году – 13,07 Гт у.т./год (тонна условного топлива – мера энергии, равная 7 млрд. калорий или 29,3 млрд. джоулей. Соответствует примерно количеству тепла, выделяемому при сгорании одной тонны высококачественного каменного угля. 1 Гт=1 миллиард тонн).

До последнего времени достижения энергетики не вызывали ни малейшей тревоги у человека, даже наоборот, это в целом как бы характеризовало высокий уровень развития человеческой цивилизации. Но примерно к концу 70-х годов появились серьезные данные о значительном антропогенном давлении на планетарную климатическую систему.

Значительная (до 80%) часть энергетики связана с потреблением энергии, освобождающейся при сжигании органического ископаемого топлива (нефти, угля, газа, торфа), а также, хоть и в небольшом объеме, - древесины. Это, как известно, приводит к значительным объемам выбросов в атмосферу диоксида углерода, который, как мы уже отмечали выше, обладает способностью удерживать отраженное землей солнечное излучение.

Принятое в 1995 году соглашение (Берлинский мандат) диктует изменение энергетической политики в направлении снижения эмиссии парниковых газов. Реализация этой программы

потребуется колоссальных материальных затрат, а главное, может нанести серьезный удар по развивающимся странам и государствам с переходной экономикой в силу невозможности быстрой модернизации их индустрии и энергетики к требованиям Берлинского мандата.

В настоящее время небезынтересно с экологических позиций оценить общепринятую классификацию источников первичной энергии как коммерческие и некоммерческие.

К *коммерческим* относятся твердые (каменный и бурый уголь, торф, горючие сланцы, битуминозные пески), жидкие (нефть и газовый конденсат), газообразные (природный газ) виды топлива и первичное электричество (электроэнергия, произведенная на ядерных, гидроэлектрических, тепловых, ветровых, геотермальных, солнечных, приливных и волновых станциях).

К *некоммерческим* относят все остальные источники энергии (дрова, сельскохозяйственные, промышленные и твердые бытовые отходы, мускульная сила рабочего скота и собственно человека).

Мировая энергетика основана на коммерческих источниках энергии – до 90% общего потребления энергии. В середине 90-х годов XX века мировое потребление коммерческой энергии на душу населения составило по некоторым оценкам почти 2,2 тут/чел.год. Однако в мире существует значительная группа стран (экваториальная зона Африки, Юго-Восточная Азия, отчасти Центральная и Южная Америка), многочисленное население которых поддерживает свое существование почти исключительно за счет некоммерческих источников энергии.

Мировая энергетика с начала 50-х годов XX столетия характеризовалась ускоряющимся темпом потребления коммерческой энергии (среднегодовая величина прироста составила более 5%), что при годовом приросте численности населения в 2% обусловило почти двукратное увеличение душевого потребления коммерческой энергии с 0,98 тут/чел.год в 1950 г. до 1,97 тут/чел.год в 1973 г.

В дальнейшем произошли серьезные изменения в стратегических подходах к производству и потреблению энергии. Энергетические квазиглобальные кризисы 1973 и 1979 гг., установление факта об ограниченности (стабильности прироста разведываемых) запасов ископаемого топлива, удорожание его добычи, осознание прямых экологических негативных последствий производства энергии обусловили некоторую смену ориентиров развития энергетики – переход от экстенсивных путей ее развития, от энергетической эйфории к энергетической политике, основанной на энергосбережении, эффективности энергозатрат, экологичности энергии.

В течение всей первой половины XX века уголь с явным преимуществом держал первенство среди источников коммерческой энергии (более 60% до 1950 года), однако затем резко увеличивается добыча нефти, что было связано с открытием относительно доступных месторождений и колоссальными потребительскими и технологическими достоинствами этого вида ископаемого топлива.

В 1950 году мировые достоверные запасы нефти составляли около 10,5 млрд. т, а в 1973 г. они достигли более чем 91 млрд. т., прирост происходил, главным образом, за счет стран Ближнего Востока. Далее запасы нефти прирастали за счет Аляски, Западной Сибири, Северного моря и Мексики.

Потребление нефти за третью четверть XX века возрастало гигантскими темпами (около 7,5% в год), а на рубеже 1967 года превзошло потребление угля (2,43 Гт у т. против 2,01 Гт у т.). Потребление нефти после 1973 года стабилизировалось на уровне 3,5-4,0 Гт у т./год, и хотя в последние годы обозначился некоторый рост, но по оценкам ведущих мировых экспертов, что в целом имеется тенденция к стабилизации и последующему снижению. Одним из основных факторов здесь является истощение запасов. Современная оценка разведанных извлекаемых и дополнительно извлекаемых ресурсов нефти составляет 202 Гт у т. и 85 Гт у т. соответственно.

При текущем уровне потребления (4,05 Гт у.т./год без учета бункеровочного топлива) полное истощение ресурсов нефти наступит примерно к 2065 году.

Именно нефть в последние десятилетия XX века была движущей силой индустриализации.

Потребление природного газа монотонно возрастало с темпом около 5% в год и достигло 2,67 Гт у.т. в 1994 году. Запасы природного газа в настоящее время примерно равны запасам нефти: 187 Гт у.т. – дополнительно извлекаемые, причем около 40% мировых запасов газа приходится на территорию бывшего СССР. Газ представляет собой наиболее экологичный вид ископаемого топлива, но по своей технологичности и при известных трудностях транспорта и распределения, по всей вероятности, газ не сможет занять ведущее место в мировом энергобалансе.

За третью четверть XX века удельная доля угля в структуре первичных источников коммерческой энергии снизилась с 58% до 28%. В конце 1973 года при мировом энергетическом кризисе интерес к использованию угля несколько возрос (почти 30%), а к концу XX века использование угля стабилизировалось на уровне 28-30% от современного мирового потребления коммерческой энергии и составило 3,36 Гт у.т.

Наиболее серьезным препятствием на пути использования угля, запасы которого значительны в Европе и в Северной Америке, выступают проблемы охраны природы. Кислотные осадки, вызываемые выбросами двуоксида азота с тепловых электрических станций, как мы отмечали выше, угрожают устойчивости многих крупных экосистем. Значительную проблему представляет выброс золы в атмосферу. Однако несмотря на всю серьезность этих вопросов, их разрешение не имеет принципиальных проблем и лежит сугубо в технической области. Есть все основания полагать, что в ближайшее время эти трудности смогут быть успешно преодолены. Запасы угля намного превышают суммарные запасы нефти и газа (738 Гт у.т. – разведанные извлекаемые и 651 Гт у.т. – дополнительно извлекаемые) и по-видимому, энергетика будущего, по крайней мере до времени промышленного освоения альтернативных источников энергии, будет опираться именно на уголь.

Вклад первичного электричества в мировой энергобаланс не является определяющим в прошлом (4,3% в 1950 г.), не определяет энергетику мира в целом и в настоящее время (около 12 % в 1995 г.).

Атомная энергетика (5,9% мирового потребления коммерческой энергии в 1995 г.) после быстрого роста в 70-е годы и начале 80-х испытывает сейчас жесточайший кризис, чему причиной всплеск социальных противоречий, экологическая и политическая оппозиция во многих странах, технические трудности обеспечения возросших требований безопасности АЭС и проблема захоронения радиоактивных отходов, перерасход затрат на строительство и сильный рост себестоимости электроэнергии, произведенных на АЭС. Тем не менее, у этого вида энергетики есть вероятная хорошая перспектива развития, особенно при условии реализации новых физических принципов. В последнее десятилетие количество работающих в мире реакторов и их установленная мощность растут чрезвычайно медленно – их число составляет около 450 при мощности примерно в 360 ГВт. При всех сложностях атомной энергетики ряд стран, которые имеют долю «атомного» электропотребления свыше 40% - Литва, Франция, Бельгия, Болгария, Словакия, Венгрия и др.

Гидроэнергетика (около 6,7% в 1995г.), достаточно медленно развивавшаяся в последние 10-20 лет, в целом также переживает кризисный период. Из наиболее серьезных проблем необходимо указать затопление земель, подтопление территорий, оживление неблагоприятных геологических процессов, наведенная сейсмика, сведение леса и растительности, эвтрофикация вновь образованных лагун с мелководьями и т.д. В развитых странах, где значительная часть гидроэнергетического потенциала уже исчерпана – в Северной Америке на 60%, в Европе – более чем на 40%, практически нет подходящих мест для строительства экономических и экологических гидроэлектростанций.

Проектирование и строительство крупных гидроэнергетических комплексов осуществляется в Бразилии и Китае. В целом же развитие гидроэнергетики сдерживается острой нехваткой инвестиционного капитала, особенно в тратах так называемого «бедного Юга» - в развивающихся странах. Особых перспектив в улучшении инвестиционного климата в ближайшее время в этих странах ожидать не приходится и в связи с этим, заметного увеличения гидроэнергии в мировом энергобалансе также не произойдет. В общем же решение ряда эколого-технических задач позволило бы устранить негативные последствия сооружения гидроэнергетических комплексов, и именно в развивающихся странах этот источник коммерческой энергии мог бы дать существенный импульс экономике.

Другие источники первичного электричества (солнечная, ветровая, геотермальная энергия) находятся лишь в самом начале промышленного освоения, и в настоящее время их суммарный вклад в мировой баланс измеряется долями процента. Это определяется преимущественно экономическими причинами, в первую очередь, высокой себестоимостью энергии. Однако, по мере развития техники и при переходе к массовому производству оборудования, эта проблема несомненно будет решена, и себестоимость энергии достигнет уровня, характерного для традиционной энергетики (Клименко В.В., Клименко А.В., 1996, с.75-82).

В середине XX века работами американского социолога Л.А. Уайта было показано, что потребление энергии на душу населения является важнейшим экономическим и социальным показателем, полностью определяющим не только уровень жизни конкретной страны, но и этап исторического развития, на котором эта страна находится. Известно, что в наиболее богатых странах мира на душу населения приходится сейчас 10-14 т у.т. в год (США, Канада, Норвегия), в беднейших же он едва достигает 0,3-0,4 т у.т./год (Бангладеш, Мали, Чад). Однако этот показатель не является абсолютным, дело в том, что цифры потребления энергии (или валового национального продукта) не дают ясного представления о том, куда расходуются эти ресурсы. Между тем, для многих стран мира значительная часть этих ресурсов расходуется исключительно на противостояние неблагоприятным природным условиям (слишком холодный или слишком жаркий климат, большие расстояния, горная местность, сложные геологические условия) и ничего не добавляет ни к богатству страны, ни к благосостоянию ее конкретного жителя. Это означает, что природные условия и даже климат также составляют энергетический ресурс страны; в благоприятном климате страны пользуются такими же преимуществами, как те страны, что обладают дополнительными запасами нефти, газа, угля, гидроэнергетическими возможностями.

Рассмотрение уровня развития стран имеет серьезный экологический аспект, обусловленный прежде всего, эффективностью использования ресурсов. Общая оценка уровня развития должна включать, кроме энергетических показателей, количественную характеристику природных условий.

Период с начала XIX века ознаменовался в развитии человеческого общества быстрым и значительным ростом потребления энергии на душу населения (почти в 5 раз). Это позволило, в свою очередь, решить грандиозные задачи: увеличение более чем вдвое средней продолжительности жизни; снижение детской смертности; сокращение почти вдвое продолжительности рабочей недели; обеспечение продуктами питания, хоть и не в полной мере, возросшего в 6 раз населения Земли.

Каждому этапу в эти годы Новой истории отвечает свой уровень энергопотребления, отражающий историческое развитие, современный этап которого может быть охарактеризован как переходный от индустриального общества к постиндустриальному, в котором центр материальной деятельности переносится из сферы промышленности и сельского хозяйства в сферу услуг.

Считается установленным, что вступление в эту постиндустриальную фазу характеризуется стабилизацией во времени удельного потребления энергии. Это связано с тем, что в постиндустриальном обществе полностью и в массовом порядке удовлетворяются, так

называемые, базовые потребности человека, а именно: защита от голода, холода, воспроизводство и получение удовольствий.

В данном случае серьезное значение приобретают (при стабилизированном уровне энергопотребления) основополагающие для страны природные факторы: климат, площадь территории и рельеф.

Показано, что оптимальное энергопотребление на душу населения линейно возрастает с убыванием среднегодовой температуры воздуха. Поэтому в Исландии, где средняя годовая температура ( $T_a$ ) составляет  $0,9^{\circ}\text{C}$  на каждого жителя приходится 9 т у.т. в год, а на Мальте с  $T_a=18,5^{\circ}\text{C}$  оптимальное потребление энергии составляет всего 2,5 т у.т. в год.

Оказалось также, что потребность в энергии возрастает в странах, которые обладают обширными территориями; точнее, это происходит в тех случаях, когда размер государства превосходит «критическую» величину в 500 тыс. км<sup>2</sup>. Интересно, что это почти в точности соответствует максимальному исторически сложившемуся размеру государства в современной Европе (Франция – 551 тыс. км<sup>2</sup>; Испания – 505 тыс. км<sup>2</sup>), т.е. там, где индустриальная фаза повсеместно решена. Но данное утверждение зачастую оспаривается, так как в мире можно найти и другие страны с близкими размерами (Таиланд – 514 тыс. км<sup>2</sup>, Кения – 583 тыс. км<sup>2</sup>, Мадагаскар – 587 тыс. км<sup>2</sup>), но это страны еще далеко не достигшие уровня индустриального общества, некоторые из них пережили эпоху колониального существования (Кения, Мадагаскар), а также весьма благоприятны по природным условиям (Таиланд), что отнюдь не стимулировало их индустриализацию и энергопотребление. Закон неэффективности большого государства прекрасно объясняет тот факт, почему средний японец использует всего 4,5 т у.т./год, а американцу нужно 11,0 т у.т./год, хотя среднегодовая температура в этих странах совершенно одинакова и составляет  $11,2^{\circ}\text{C}$ .

Важным в постиндустриальном обществе должно быть решение основополагающей задачи – стабилизация численности населения.

Современное общество, не решившее эту проблему или, по крайней мере, не предпринимающее усилий для ее решения, не может считаться ни развитым, ни цивилизованным, поскольку совершенно очевидно, что бесконтрольный рост населения ставит непосредственную угрозу существования человека как биологического вида. В рамках единой цивилизационной модели все страны мира обнаруживают движение в направлении уменьшения оптимального потребления и годового естественного прироста населения (разность между рождаемостью и смертностью без учета миграции) как интегрального демографического показателя. Последний показатель в известной мере отражает социальное благополучие нации.

Все страны мира могут быть распределены на несколько групп:

- развитые индустриальные страны (постиндустриальные по Беллу-Ростоу, страны с высокими доходами по терминологии Всемирного банка) характеризуются оптимальным уровнем потребления энергии (2-14 т у.т./чел. год) и низким годовым приростом населения. В состав этой группы входят США, Канада, Япония, страны ЕС и большинство стран Европы (даже Эстония, Чехия, Словакия, Словения), а также Новая Зеландия, Австралия и некоторые другие. Отличительной особенностью является факт стабилизации душевого потребления энергии (Рис. );

- переходная группа, в которой демографическая стабилизация практически достигнута, но насыщение энергией еще не наступило. В состав входят Россия, Украина, другие европейские страны СНГ и бывшего социалистического лагеря, а также такие, как Уругвай, Аргентина, Литва, Хорватия, Югославия, Латвия и др. (Рис. ).

- новые развитые страны (страны со средними доходами) характеризуются потреблением энергии ниже оптимального, средними значениями годового естественного прироста населения, на уровне выше 1,0% в год. В состав входят: Азербайджан, Армения, Молдова,

Монголия, Куба, Ливан, Мексика, Сирия, Узбекистан, Чили, Эквадор, Корея, Казахстан и др. (Рис. ).

- небольшая группа стран – экспортеров нефти с потреблением энергии выше оптимального и приростом населения выше среднемирового, эти страны могут рассматриваться как особая переходная категория, в которой насыщение энергией произошло раньше демографической стабилизации. В состав входят: Бахрейн, Кувейт, ОАЭ, Катар, Бруней, Венесуэла, Ливия, Оман, Саудовская Аравия, Тринидад;

- развивающиеся страны (страны с низкими доходами по терминологии Всемирного банка) характеризуются уровнем потребления энергии значительно ниже оптимального и приростом населения, как правило, выше мирового. Сюда причисляют все остальные страны мира.

В подавляющем большинстве случаев при анализе современной энергетической ситуации и, тем более, при построении долгосрочных прогнозов не учитываются некоммерческие источники энергии (дрова, сельскохозяйственные и муниципальные отходы, мускульную силу животных и человека). Такой подход может привести к ошибочным выводам, поскольку в настоящее время некоммерческие источники энергии занимают второе место в энергобалансе региона развивающихся стран. Это тем более важно, если принять во внимание, что речь идет о наиболее населенном регионе планеты, удельный вес населения которого, по нашим оценкам, возрастет к 2050 году до 77% населения Земного шара.

Во всех, без исключения странах мира выявляется устойчивая тенденция к стабилизации душевого потребления энергии, однако при этом уровень стабилизации и сроки его достижения существенно разные для каждой страны. В течение ближайших двух десятилетий доминирующую роль в мировом энергобалансе будут играть страны первых двух из перечисленных выше пяти групп стран (к 2010 г. – 57%), для первой группы – это уже реальность, либо дело ближайшего будущего, как и для второй группы стран. В результате, в период до 2010 г. ожидается сохранение современного темпа роста потребления энергии – около 1% в год и временная стабилизация мирового душевого потребления на уровне 2,31-2,36 т у.т./чел. год. Некоторое ускорение прироста будет происходить в основном за счет стран третьей группы – новых индустриальных стран. В период 2005-2030 гг. ожидается, что мировая энергетика будет развиваться более интенсивно за счет резкого увеличения стран пятой группы.

Подтягивание уровня жизни и реализация наметившейся уже сегодня тенденции перемещения энергоемких производств из индустриально развитых стран в регионы развивающихся стран приведет к росту душевого энергопотребления, что при высоких темпах роста численности этих стран ( $\approx 75\%$  к 2040 г.), выведет страны пятой группы на ведущие позиции в мировой энергетике (до 37% к 2050 г.) После 2040 г. прогноз предполагает достижение среднемирового уровня насыщения энергией в 2,4 т у.т./чел. год, что соответствует современному уровню потребления в таких странах как Аргентина и Португалия, а затем к 2100 году дальнейшее понижение уровня насыщения энергией до 2,3 т у.т./чел. год.

Основная особенность данного прогноза – это приоритетная роль угля в мировом энергобалансе (36% в 2050 г. против 28% в 1994 г. и снижение вновь до 30% к 2100 г).

Однако в абсолютном исчислении предполагается стабилизация потребления жидкого топлива практически на современном уровне (4,2 Гт у.т./год) и лишь после 2020 г. – его снижение. Потребление газа, как ожидается, будет расти до 2020 г. и, почти достигнув уровня потребления жидкого топлива (3,6 Гт у.т./год) снизится до 0,5 Гт у.т./год к 2100 году. Первичное электричество уже после 2020 г. должно стать вторым по важности видом энергоресурсом, достигнув к 2100 г. 4% мирового потребления энергии. Одним из важнейших факторов, учитывающихся при разработке прогноза, является обеспеченность ресурсами мировой энергетике, базирующейся на сжигании ископаемого органического топлива.



Представленный прогноз относится к так называемым умеренным по абсолютным цифрам потребления энергии, исчерпание разведанных извлекаемых запасов нефти и газа наступит не ранее 2040 г. (Рис. ), а с учетом дополнительно извлекаемых ресурсов – после 2100 г. Если принять во внимание, что разведанные извлекаемые запасы угля значительно превосходят запасы нефти и газа вместе взятые, то можно утверждать, что развитие мировой энергетики по предложенному варианту вполне обеспечено в ресурсном отношении более чем на ближайшее столетие.

Оценка потенциального экологического ущерба от развития энергетики и антропогенной деятельности в целом будет неполной, если не попытаться оценить по возможности наиболее полно отрицательные последствия в системе «человек-климат». Одним из таких последствий является возрастание биопродукции бореальных и умеренных лесов Северного полушария в результате повышения температуры, увлажненности и стимулирующего воздействия повышенной концентрации диоксида углерода в атмосфере, а также расширение границы их распространения на север, в зону современной лесотундры. Эта обратная связь учитывается моделью углеродного цикла.

Другая обратная связь в системе «человек-климат» обусловлена зависимостью уровня потребления энергии от климатических условий и, в первую очередь, от температуры окружающего воздуха. Эта обратная связь позволит при определенных условиях учесть сбережение энергии (ресурсов!) в результате развития процесса глобального потепления, а также за счет эффекта локального потепления («теплого острова»), характерного для районов крупных городских агломераций и регионов с высокой плотностью сосредоточения промышленных объектов.

Важным обстоятельством в оценке экономии энергии в результате глобального потепления является то, что все без исключения развитые страны мира, а также страны с переходной экономикой (бывшие социалистические), потребляющие почти 70% энергоресурсов, расположены в областях со среднегодовой температурой менее 17<sup>0</sup>С. Это означает, что в случае развития значительного глобального потепления, которое наиболее ярко будет выражено в умеренных и высоких широтах, следует ожидать существенного и при этом автоматического сокращения потребления энергии именно в этих регионах, где она сейчас используется особенно интенсивно.

Экономия энергии в результате урбанизации реализуется за счет того, что современные крупные города являются местами сосредоточения многоотраслевой промышленности, транспортных средств, густонаселенных жилых массивов. Бурное развитие городов сопровождается увеличением интенсивности выбросов тепла, химических и газообразных компонентов, активно влияющих на метеорологический режим в зоне крупных городов.

Наличие на городских территориях значительных площадей с закрытой поверхностью (асфальтовое, асфальтобетонное, булыжное и т.п. покрытие), а также сосредоточение в городской атмосфере газовых и аэрозольных загрязнений приводит к нарушениям в балансе солнечной радиации. Совокупность перечисленных факторов приводит к образованию так называемого городского «острова тепла», то есть к тому, что приземный слой воздуха на несколько градусов теплее в пределах города, чем в пригородной зоне. Величина нагрева зависит от времени суток, времени года, местоположения и численности населения города. С учетом нарастающей тенденции к урбанизации и интенсивного роста размеров городских агломераций в нетропических (умеренных и более холодных) зонах возникает необходимость учета экономии энергии в расчетах энергопотребления и оценке ресурсов, их запасов и интенсивности изъятия для всего мира в целом (по Клименко В.В. и Клименко А.В., 1996, с.93-97).

Некоторые обобщающие предположения по энергопотреблению в мире на ближайшее столетие сводится к тому, что суммарная экономия энергии для мира в целом при ожидании повышения глобальной температуры составит в 2050 г. около 1,5 Гт у.т.; эта величина намного превышает

современное потребление энергии в России или в Китае и соответствует современному энергопотреблению Японии, Германии, Великобритании и Испании вместе взятых.

Выяснение долговременных тенденций энергопотребления имеет большое практическое значение, поскольку сроки строительства и эксплуатации энергетических объектов измеряются обычно многими десятилетиями. Поэтому выявленные перспективы сокращения энергозатрат вследствие глобального потепления необходимо учитывать при разработке энергетических программ, строительных проектов и при решении вопросов о судьбе энергетических объектов, их реновации и ликвидации, в связи с тем, что практически все эти объекты обладают повышенным негативным влиянием на состояние природной среды, на функционирование экосистемы и на качество жизни человека.

При наличии всех других источников энергетика всегда будет главенствующим в поступлении диоксида углерода в атмосферу, а в будущем ее роль еще более возрастет, и при этом весьма важно правильно оценивать возможные потребности человечества в энергии и не переоценить ее значимость.

Современные методы логистической экстраполяции позволяют предположить, что потребление энергии на душу населения в мире обнаруживает явную тенденцию к стабилизации. Следует отметить, что этот процесс наметился еще лет за двадцать до глобального экофорума в Рио-де Жанейро (1992 г.), и появление сегодняшних околонуточных спекуляций вокруг глобального потепления и истощения энергоресурсов. Стабилизация в виде явления в мирное время наблюдается впервые с начала индустриальной эпохи и связано с массовым переходом стран мира в новую постиндустриальную стадию развития, в которой потребление энергии на душу населения остается постоянным. Это важно еще и потому, что и величина общего потребления энергии в мире растет с некоторым замедлением. Это замедление оказалось довольно значительным, и поэтому некоторые «алармистские» прогнозы оказались несостоятельными. Некоторые «предсказания» указывали, что к 2000 году величина годового энергопотребления будет равняться 21 Гт у.т. (миллиардов тонн условного топлива), а она оказалась равной величине чуть меньшей, чем 14,4 Гт у.т.

Наиболее вероятно, что потребление энергии на душу населения в мире достигнет своего насыщения, и дальнейший рост энергопотребления будет происходить экстенсивно лишь за счет роста населения. Развитие этого процесса приведет к еще более заметному снижению выброса парниковых газов, образующихся при антропогенной деятельности. Для устойчивого экономического и социального развития человечеству достаточно около 25 Гт у.т. в год, что менее чем вдвое превышает нынешнее. Повышение уровня потребления до 100 и 200 Гт у.т. в год и катастрофическое потепление в течение ближайших столетий не выдерживают критики с исторических позиций и не отвечают корректному прогнозу развития энергетики по данным формирования постиндустриального и индустриального общества на Земле (по Клименко А.В., Клименко В.В., 1996, с.99-100).

Таблица

Базовый прогноз численности населения и потребления энергии  
в мире до 2100 г. (по И.В.Данилову-Даниэляну, 1996)

Год	1994	2050	2100
Численность населения, млрд.чел.	5,63	9,83	10,88
Потребление первичной энергии, Гт у.т.	13,07	23,9	24,8
В том числе из коммерческих источников	11,8	21,6	22,6

Потребление первичной энергии на душу населения, т у.т./чел. год	2,32	2,42	2,28
--	------	------	------

## Глава 21. Отходы производства и потребления

Значительной экологической проблемой современного мира является образование и дальнейшие операции с отходами производства и потребления. Ими принято называть остатки сырья материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства. Отходы могут (или не могут) быть реально или потенциально использованы в других (отличных от источника образования) отраслях деятельности человека или в ходе регенерации. В этом главное принципиальное отличие в путях обращения с отходами. Те отходы, что не могут быть даже потенциально использованы, должны быть захоронены, а если они являются вредными для человека, других живых организмов и в целом для окружающей среды, то предварительно эти отходы необходимо обезвредить (нейтрализовать). Неиспользуемые отходы иногда именуют отбросами.

Отходы, содержащие вредные вещества, которые обладают опасными свойствами (токсичностью, пожаро-взрывоопасностью, высокой радиационной активностью) или содержат возбудителей инфекционных болезней, а также могут представлять потенциальную опасность для окружающей природной среды и здоровья человека самостоятельно или при вступлении в контакт с другими веществами, называются опасными отходами.

Процесс обращения с отходами сопутствует человеку с незапамятных времен, а в современных условиях возникает необходимость управления отходами. Это обусловлено, прежде всего, колоссальными объемами возникающих отходов, а также тем, что границы между понятиями «сырье» - «отходы» - «вторичные ресурсы» очень условны. Эти границы раздвигаются от технико-экономических задач производства, экономической целесообразности и технологической возможности комплексной переработки и использования исходного природного сырья.

Отходов от производства и потребления поступает в окружающую среду весьма много, в частности, только г. Москва ежегодно образует ни много ни мало, а 20 млн. м<sup>3</sup> так называемых твердых бытовых отходов и около 5 млн. т промышленных нетоксичных отходов. В общей сложности в РФ накоплено около 7 млрд. т отходов, из которых 1 млрд. т – опасные отходы. В среднем на каждого жителя РФ вырабатывается (накапливается) до 15 тонн различных твердых отходов в год. Такой темп роста накопления твердых отходов объясняется невысокой степенью их утилизации. Так, например, степень утилизации инертных отходов, к которым относятся вскрышные породы, зола, отдельные виды строительных отходов, составляет примерно 25-30%. Степень же утилизации опасных отходов еще ниже и составляет менее 20%. Но дело не только в объеме отходов, а в том, что они очень активно и разнообразно воздействуют на окружающую среду. Воздействие отходов зависит от их качественного и количественного состава. В целом отходы представляют собой неоднородные по химическому составу, сложные многокомпонентные смеси веществ, обладающих разнообразными физико-химическими и физико-механическими свойствами. Общая направленность химического и вещественного состава отходов обусловлена взаимодействием компонентов, биологическим разложением и ассимиляцией веществ (Рис. ).

Отходы в значительных количествах образуются во всех базовых отраслях промышленности (сельское хозяйство, энергетика, металлургия, строительство, транспорт, горнодобывающие производства), а также в быту.

Рассмотрим основные виды отходов и их возможное влияние на окружающую среду.

Твердые бытовые отходы (ТБО), которые иногда именуют коммунальными и включающие в себя остатки сточных вод, в общем-то представляют собой отбросы, не утилизированные в быту и образующиеся главным образом, в результате амортизации предметов быта и собственно жизни людей, включая жилища, бани, прачечные, столовые, больницы, рестораны, магазины и др. Проблема бытовых отходов в настоящее время весьма остро стоит во многих, если не в большинстве, странах мира. Так, в городах США ежегодно образуется около 180 млн. т отходов. В

Японии в 1995 году было «произведено» около 75 млн. т бытовых отходов. Выше мы уже приводили данные по Москве, а в бывшем СССР в 1985 году спецтранспортом было вывезено из городов 217 млн. м<sup>3</sup> бытовых отходов, а в 1988 году уже 228 млн. м<sup>3</sup>. По данным А.И. Матросова (1999г.) доля бытовых отходов в странах Европы достигает 6% от общего объема отходов, что вдвое больше аналогичного показателя для России (~3%). Главное направление утилизации бытовых отходов в развитых европейских странах – это сжигание их с предварительной весьма тщательной сортировкой, при которой на разных ее ступенях из отходов изымается максимально возможное количество вторичных ресурсов (сырья). Оставшиеся же после сжигания отходы подлежат уже захоронению на длительные сроки на специально оборудованных (запроектированных и построенных по разработанным нормативам и методикам) полигонах. Данный подход представляется весьма перспективным и экономически весьма важным. Для уничтожения ТБО за рубежом строятся мощные мусоросжигательные заводы (до 900 и более тонн отходов в сутки) для получения энергии. На начало 90-х годов XX века доля сжигаемого мусора составляет: для США – до 4%; Японии – 26%; ФРГ – 35%; Швеции – более 52%; в Швейцарии – 75% и т.д. Часть этих заводов производят электроэнергию, но, главным образом, вырабатывается пар, который используется на промышленных предприятиях или в жилых квартирах. Важнейшей отличительной чертой мусоросжигания в европейских странах, США, Японии является высочайшая степень очистки выбросов в атмосферу и других возможных источников загрязнения среды в используемой технологии мусоросжигания. В 1990 году на заводы по переработке мусора в нашей стране было вывезено чуть более 1420 тыс. т бытовых отходов.

Основными способами переработки ТБО являются, в основном, метод захоронения и термический метод (пока только сжигание). Кроме того, в мировой практике применяются биотехнологические методы как с получением биогаза, так и с получением удобрений или биотоплива. При этом сортировка (предварительная и конечная) с получением ценных продуктов для вторичного использования является основным экономическим компонентом по переработке ТБО для быстрой окупаемости строительства предприятий по их утилизации. В таблице приведены данные по соотношению технологий переработки ТБО в некоторых странах.

Как показывают эти материалы, только Франция и Япония широко используют сжигание, остальные – большей частью полигоны. Конечно, сжигание уменьшает объемы отходов почти в 10 раз, дает энергию, но производит золу, которую нужно захоранивать, и также является загрязнителем среды.

Поэтому в мире мусоросжигание и захоронение отходов применяются как дополняющие друг друга способы обращения с отходами.

Полигоны для захоронения ТБО являются строительными сооружениями, которые проектируются и строятся как ответственные объекты, обеспечивающие инженерную защиту окружающей среды от загрязнений даже в аварийных ситуациях.

Современные полигоны ТБО после рекультивации позволяют возводить на них даже зоны отдыха, как это сделано, например, в Барселоне. В последние годы после сортировки во многих странах производят прессование отходов, что резко уменьшает объем ТБО и повышает вместимость полигонов. Экологический анализ показал, что мусоросжигательные заводы более капиталоемки, чем полигоны ТБО, особенно, если на полигоны поступает зола с этих заводов.

Таблица

Соотношения технологий переработки ТБО, %

Технологии переработки	США	Англия	Франция	ФРГ	Япония	Средние данные
Полигоны – свалки	84	90	55	78	57	74,7
Термический метод (сжигание)	15	9	35	20	40	23,1

Переработка в удобрение	-	1	10	2	3	1,4
Прочие методы	1	-	-	-	1	1,0

Как было отмечено выше, крупнейшими производителями ТБО являются мегаполисы, где средняя норма «производства» ТБО на одного человека в год составляет 1м<sup>3</sup> по объему и 200 кг по массе. Однако в мегаполисах с населением в 10 и более млн. жителей эта норма увеличивается в 1,5-2,0 раза, что связано с большей долей отходов из сферы обслуживания и других инфраструктур, обеспечивающих собственно «жизнедеятельность» города.

В состав ТБО входят в основном:

- бумага, картон (≈37%)
- кухонные отходы (≈30,6%)
- дерево (1,9%)
- кожа и резина (0,5%)
- текстиль (5,4%)
- искусственные органические материалы, главным образом, полиэтилен (5,2%)
- кости (1,1%)
- металлы (3,8%)
- стекло (3,7%)
- керамика, камень (0,8%)
- прочие (9,7%)

В большинстве стран, в отличие, например от ФРГ и Нидерландов, глубокая сортировка ТБО все-таки не производится, как бы ни были они перспективны в качестве вторичного сырья или для извлечения полезных компонентов для вторичного употребления. Наша страна не является исключением. Анализ ТБО показывает, что основная масса в них приходится на долю органических составляющих – до 75 – 80%. В целом и ТБО следует относить к непромышленным отходам, но при этом не следует забывать, что деление отходов на бытовые и промышленные достаточно условно, так как в бытовые отходы входят остатки резины, кожи, бумаги и других органических веществ и полимерные материалы. Полиминеральные отходы составляют до 15% от общего числа бытовых и промышленных отходов. В России, да и в других странах, из-за низкой культуры сбора в ТБО попадают элементы питания («батарейки»), краски, лаки, люминесцентные лампы и многое другое. По различным оценкам 1 т бытовых отходов содержит до 50 наногрaмм диоксинов. Следует отметить, что в последние годы в составе ТБО существенно уменьшилась доля пищевых отходов, кожи, резины, стекла и значительно возросло содержание упаковочных материалов (бумага, картон, полиэтилен). В определенной мере в Россию поступает большое количество отходов, которые могли бы быть захоронены в других странах, где были произведены товары с упаковкой, поступившие в виде импорта.

А.Т. Никитин (1996, с.369) рассматривает ситуацию с переработкой бытовых отходов в России на примере нашего крупнейшего мегаполиса Москвы. Выше мы уже отмечали, что Москва ежегодно производит более 20 млн. м<sup>3</sup> ТБО в год. Основная их часть (до 90%) утилизируется на специальных полигонах «Хметьево» и «Тимохово». Отмечается, что за последние 10 лет количество эксплуатируемых крупных полигонов в Подмоскoвье уменьшилось с 5 до указанных выше 2-х. Эти последние полигоны функционируют с начала 70-х XX века, и в ближайшее время срок их эксплуатации заканчивается. Даже наиболее обустроенные полигоны в Московском регионе, по мнению ведущих специалистов, не отвечают современным международным требованиям по минимально необходимому перечню функционирующих природоохранных сооружений, таких, как водоохраные экраны, противоползневые сооружения, системы отвода и обезвреживания фильтрата и поверхностных вод, ограждения границ полигона, оборудования для мойки машин и т.п. На этих полигонах не производится нормируемая послойная укладка отходов по специальной технологии в связи с отсутствием необходимой техники. Стоимость захоронения остается до конца неопределенной, что не позволяет провести квалифицированные экономические расчеты. На этих

же полигонах складироваться и токсичные промышленные отходы, величина хранения которых достигает 1,5 млн. т в год. Последнее обстоятельство совершенно недопустимо, ибо требования к утилизации ТБО и ПО (промышленных отходов) совершенно различные, и совместное хранение их не допускается по соображениям экологической безопасности.

Кроме того, на территории Москвы находятся до 90 свалок мусора общей площадью почти 290 Га. Из них 63 – не функционируют. По официальным данным в Москве работает два мусоросжигательных завода, оснащенных германским и датским оборудованием. Существующие технологии сжигания и не самой современное оборудование в целом не обеспечивают надлежащий уровень экологической безопасности, что, кстати, вызывает резкие протесты жителей города против строительства новых мусоросжигательных заводов.

За последнее пятилетие в Москве начала реализовываться программа строительства мусороперегрузочных станций (МПС), которые обеспечивают сортировку и прессование ТБО, что уменьшает объемы их хранения.

Ученые многих стран считают, что для решения «больной» для многих из них проблемы наиболее перспективными методами утилизации ТБО после их сортировки являются биотехнические методы.

Огромную проблему составляют отходы производства (промышленные) – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. Они могут быть безвозвратными (технологические потери: улетучивание, угар, усушка) и возвратными. К ним следует причислить отходы производственного потребления – непригодные для дальнейшего использования по прямому назначению и «списанные» в установленном порядке машины, оборудование, инструменты, приборы, и т.п. Они могут быть сельскохозяйственными, бытовыми и другими. К обоим этим видам отходов нужно отнести медикаментозные химические высокотоксичные и радиоактивные.

Сегодня в среднем на каждого жителя планеты в год добывается около 20 т сырья, по некоторым источникам даже до 40 т, которое с использованием примерно 800 т воды и 2,5 кВт энергии перерабатывается в продукты потребления и примерно 90-98% идет в отходы (!). В бывшем СССР в 1988 году в машиностроении и металлообработке удельный вес металлоотходов в общем потреблении черных металлов составил 21%, а удельный вес стружки в образовании металлоотходов достиг 42%. Средняя доля ТБО лежит, как мы уже отмечали, в пределах от 0,2 до 0,6 т в год, остальное составляют промышленные отходы. В Европе (без России) производство отходов всеми отраслями хозяйства составляет 10-11 тонн на душу населения в год. Промышленные и сельскохозяйственные отходы составляют около 70%, из них примерно 40% - промышленные и 30% - сельскохозяйственные; кроме этого, отходы строительного производства достигают почти 25%. По масштабам извлекаемого и перерабатываемого сырья – 100 Гт/год хозяйственная деятельность человека приблизилась к биологической «производительности» - 1000 Гт/год. При этом, расточительность использования сырья и энергии в хозяйственной деятельности человека превышает всякие разумные пределы. И если в развитых странах сельскохозяйственные отходы утилизируются на 90%, корпуса автомашин – на 98%, отработанные масла – на 90%, то значительная часть промышленных и строительных отходов, отходов горнодобывающих и металлургических производств практически в полном объеме не утилизируется. Человечество преуспело в создании орудий производства и технологий уничтожения себе подобных и практически не занималось созданием промышленности по переработке отходов своей деятельности. В результате, помимо ежегодного прироста объема переработанных промышленных отходов, в том числе токсичных, во всем мире существуют и старые захоронения (свалки), число которых в промышленно развитых странах исчисляется десятками и сотнями тысяч, а величины объемов отходов (в первую очередь особо опасных) многими миллиардами тонн и кубометров, то потребуются затраты в десятки и сотни миллиардов долларов в год на протяжении десятилетий (!).

В России отходы по степени вредности и опасности делятся на четыре класса опасности, в европейских странах принято деление на три класса опасности.

В общем к опасным (токсичным) отходам относят отходы, способные вызывать отравления или иное поражение живых существ. Это, прежде всего, неиспользованные ядохимикаты сельскохозяйственного назначения, промышленные канцерогены и мутагены. В США даже среди ТБО около 40% относят к особо опасным, в Венгрии – 34%; во Франции – 6%, Великобритании – 3%, а в Италии и Японии всего лишь – 0,3%. В России, по некоторым данным, таким образом выделяют из ТБО – 10% особо опасных.

Основная часть опасных отходов складывается или захоранивается, в том числе и затопливается в море. Обезвреживанию с предварительной обработкой, сжиганию и вторичной переработке подвергается наибольшая часть опасных отходов. Например, в Нидерландах примерно 300 тысяч тонн опасных отходов ежегодно подвергается физико-химической обработке, около 200 тысяч тонн сжигается, более 250 тысяч тонн захоранивается и около 700 тысяч тонн затопливается в море.

На территории России к концу 90-х годов XX века накоплено в хранилищах, на складах, могильниках, полигонах, свалках – 1405 млн. тонн токсичных отходов. В 1995 году образовалось 89,9 млн. т отходов, в том числе 1-го класса опасности – 0,16 млн. т, 2-го – 2,2 млн. т, 3-го класса – 8,7 млн. т, 4-го класса – 78,8 млн. т. Из них использовано в собственном производстве 34 млн. т и полностью обезврежено 6,5 млн. т. Кроме того, 12,2 млн. т передано на другие предприятия для использования.

Это характеризует состояние проблемы даже по официальным данным и свидетельствует о непрерывном росте перерабатываемых промышленных отходов, не говоря уже о неучтенных свалках, старых захоронениях, инвентаризация которых даже не начиналась, и где содержится около 86 млрд. т отходов (1,6 млрд. т токсичных).

Особую опасность представляют радиоактивные отходы, влияние которых на окружающую среду рассмотрено нами выше. В начале 90-х годов была завершена регистрация мест хранения и захоронения радиоактивных отходов, суммарная величина радиоактивности которых составила примерно 5,3 млрд. Ки (Кюри)\*. В России на душу населения приходится примерно 4 Ки, не считая продуктов распада от выброса возникшего в результате Чернобыльской катастрофы, накопленных запасов оружейного плутония, 8 тыс. тонн (около 6 млрд. Ки) отработанного ядерного топлива, хранящегося на АЭС.

До принятия Конвенции о запрещении захоронения радиоактивных отходов в океанах и морях западноевропейскими странами в океанских водах затоплено более 35 млн. Гбк радиоактивных отходов в контейнерах, основная часть этого количества приходится на долю Великобритании – 76%.

В настоящее время страны Европы производят захоронение высокотоксичных и радиоактивных отходов в подземном пространстве. В Германии, например, высокоактивные отходы помещают в соляной купол, расположенный вблизи Ганновера, в котором по состоянию на конец 1993 года накопилось около 3000 т отходов, ждущих захоронения, и к этим отходам ежегодно прибавляется около 500 т новых.

Для многих стран Европы захоронение опасных и радиоактивных отходов является сложной, порой неразрешимой задачей. Между странами происходит интенсивный обмен отходами. Это объясняется с одной стороны различиями в списках опасных и радиоактивных отходов, а с другой – наличием технологий и производств, использующих эти отходы как сырье. Через национальные границы ежегодно перемещается более 2 млн. т таких отходов. Вместе с тем, зарегистрирован нарастающий нелегальный вывоз опасных отходов в страны Африки и Азии, а также перемещения туда предприятий по сжиганию опасных отходов. Не меньшей проблемой для стран Западной Европы являются старые захоронения отходов, среди которых большой объем занимали опасные отходы. Такие захоронения вполне можно сравнить с химическими «бомбами замедленного действия», поэтому инвентаризация и поиски таких захоронений во многих странах рассматриваются как приоритетные задачи.

---

\* Ки =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк (Беккерель)

По состоянию на начало 90-х годов в Дании зарегистрировано около 3200 таких захоронений, в Нидерландах – около 4000, на территории только западных земель Германии – более 50 000 (!) (А.И. Матросов, 1999, с.7).

Недостаточное внимание в России, а также в странах, где высокий уровень использования агротехники, уделяется вопросам обезвреживания пришедших в негодность десятков тысяч тонн пестицидов, инсектицидов, гербицидов и т.п.

Повышенную опасность для окружающей среды представляют отходы крупных животноводческих комплексов, которые в нашей стране ежегодно выбрасывают около 150 млн. т разжиженного навоза и помета, из которых примерно 70% используются в качестве удобрения, а более 40 млн. т этих отходов, попадая вместе со стоками в поверхностные и подземные воды, загрязняют их, делая непригодными для питьевого водоснабжения без применения сложных энергоемких технологий обезвреживания и очистки воды.

Оценивая отходы, следует выделить канализационные, которые представляют собой: отработанный биологически активный ил; частицы текстиля; бумаги; песок и т.п. Содержание большого количества солей тяжелых металлов в отработанном иле не позволяет использовать его в качестве удобрения, и поэтому он накапливается на специальных территориях – полях аэрации. На подмосковных полях аэрации, например, накопилось несколько десятков миллионов кубометров таких отходов. Воздействие атмосферных осадков на биологически активный ил приводит к загрязнению как поверхностных, так и подземных вод.

В регионах и городах с развитой системой предприятий и учреждений медико-курортного профиля накапливаются чрезвычайно сложные по составу отходы, относящиеся к классам опасных отходов. Сложность обращения с «медикаментозными» и больничными отходами заключается в том, что в них наряду с огромным числом химических соединений сложных структур, обладающих эффектом суммации, входят биологические объекты, в том числе, инфекционные. Это затрудняет, а иногда делает невозможным сортировку отходов. Неорганизованное складирование, спорадическое сжигание на свалках (полигонах) таких отходов сопровождается образованием вторичных токсикантов, которые могут быть гораздо опаснее исходных соединений (полихлорвинилованные биофенилы, диоксины, бензофураны и др.) процессы сортировки, утилизации, транспортировки с ТБО и ПО затрудняются тем, что многие из них обладают структурными связями из-за того, что фракции некоторых из их видов, такие как текстиль, проволока, кожа и др. имеют волокнистость и повышенную сцепляемость, а некоторые обладают клеящей способностью и даже могут затвердевать при затворении водой (цементная пыль, известь, алебастр и др.). В результате повышается сводообразование и снижается просыпаемость отходов через неподвижные решетки сортировочных устройств, кроме того, отходы налипают на их стенки и т.п. Нужно отметить, что твердые отходы обладают: слеживаемостью, приводящей к потере сыпучести и к уплотнению отходов; абразивностью (керамика, стекло, компост), т.е. способностью к истиранию поверхностей, с которыми твердые отходы соприкасаются; коррозионная активность по отношению к металлам (А.С. Матросов, 1999, с.9).

Вышеизложенное показывает, что нарастающий объем отходов потребления и производства все более и более становится экологической проблемой глобальной значимости. В связи с этим, усилия значительного числа ученых, инженеров и других специалистов (медиков, микробиологов) сосредоточиваются на управлении обращением с отходами. На Рис. приведена структурная схема системы управления отходами.

Важнейшим аспектом в реализации этой системы является не техническая, а экологическая часть решения, так как антропогенные экосистемы, соседствующие с природными осложняются таким воздействием как высокая численность и плотность населения, высокая концентрация промышленного производства и интенсивность сельского хозяйства, различием климатических и географических условий, отсутствием единой системы управления отходами.

#### **Раздел 4. Экологические проблемы развития человечества**



## Глава 22. Концепция коэволюции.

Рассмотрение многих экологических проблем невозможно без представления о живой природе как развивающейся системе, без представлений об эволюции неорганического и органического мира, об их взаимосвязи.

**Некоторые сведения об эволюции органического мира.** Систематическим изучением живых организмов занимались еще в Древней Греции; еще Аристотель описал более 500 видов животных и расположил эти описания от более простых к более сложным; ученики Аристотеля занимались описанием и растений. Все средневековые античные труды были в основе всех представлений о живой природе. Серьезным толчком в развитии изучения живых организмов послужили результаты экспедиции в эпоху Великих географических открытий, когда люди увидели огромное множество доселе невиданных представителей растительного и животного мира. Значительных и весьма знаменательных успехов в изучении и систематике живых организмов добился великий шведский естествоиспытатель Карл Линней, создавший знаменательную классификацию - систему органического мира, включив в нее всех известных к XVIII веку животных и все известные растения. Созданная им достаточно искусственная система была вехой в естественных науках и К.Линней, понимая ее недостатки, считал, что она будет "работать" до получения естественной системы. Однако в то время, естествоиспытатели полагали, что все виды организмов созданы независимо друг от друга Творцом и неизменны: К.Линней говорил: "Видов столько, сколько различных форм создал в начале мира Всемогущий". Все совершенство в организмов принималось как один раз заданное и иногда не изменявшиеся тем более не улучшавшееся и не ухудшавшееся. Правильное толкование происхождения органической целесообразности дал Ч.Дарвин. Ученым же, который создал первую эволюционную теорию был Ж.-Б.Ламарк. Можно сказать, что он заложил основы естественной системы классификации, и он первым поставил вопрос о причинах сходства и различия у животных. "Мог ли я рассматриваясь... ряд животных от самых совершенных из них до несовершеннейших, - писал Ж.-Б.Ламарк, - и не попытаться установить, от чего может зависеть этот столь замечательный факт? Не должен ли бы я предположить, что порода последовательного создавала различные тела, восходя от простейшего к наиболее сложному?" Здесь впервые в истории естествознания утверждается роль природы в реализации эволюционной идеи. Взгляды Ж.-Б.Ламарка не были исчерпывающими и его представления о последовательном механизме оказались ошибочными и даже иногда становились вредными, например, при их использовании небезызвестным Т.Д.Лысенко. Открытие ДНК поставило все на свои законные места.

Палеонтологические данные неопровержимо свидетельствовали о смене форм жизни на Земле. Причины вымирания разных организмов объяснялись весьма своеобразно: от того, как писал Ч.Дарвин: "Теория по которой мастодонт и прочие вымерли по той причине, что дверь в ковчег Ноя была сделана слишком узкой", до теории катастрофы Ж.Кювье. Согласно последней причиной вымирания были периодически происходившие крупные геологические катастрофы, уничтожавшие на больших территориях животных и растительность, а затем эти территории заселялись видами, проникавшими из соседних областей. Впоследствии экологические разработки Ф.Рулье и Н.А.Северцова серьезно поколебали позиции теории катастроф и во многом предвосхитили глубоко продуманную и фундаментально обоснованную теорию видообразования, созданную Ч.Дарвиным.

Чтобы полнее оценить все значение переворота в биологической науке остановимся на некоторых достижениях в естествознании, что во многом предопределили появление теории Ч.Дарвина. Геолог Ч.Ляйель доказал несостоятельность представлений Ж.Кювье о внезапных катастрофах, изменяющих поверхность планеты и обосновал точку зрения: поверхность Земли изменяется непрерывно и не под влиянием каких-то особых сил, а под действием обычных факторов - колебаний температуры, ветра, дождя, прибое и жизнедеятельности растительных и животных организмов, а также воздействия землетрясений, извержения вулканов. Эти мысли задолго до этого были высказаны М.В.Ломоносовым и даже еще в работах Ж.-Б.Ламарка, но Ч.Ляйель изложил свои представления в виде строгой фактически обоснованной теории. Стали

известными разработанная Т.Шванком клеточная теория, работы К.Бэра о развитии всех организмов из яйцеклетки; работы Ж.Кювье в области теории типов.

Ч.Дарвиным на базе колоссального фактического материала было создано учение об искусственном отборе: процесс создания новых пород животных и сортов культурных растений путем систематического сохранения и размножения особей с определенными, ценными для человека признаками и свойствами поколений. Ч.Дарвин выделил две формы искусственного отбора: бессознательный и сознательный (методический), в первом случае, как считал Ч.Дарвин в процессе приручения диких животных, их одомашнивания человек осуществлял примитивную форму искусственного отбора: бессознательным было то, что человек не ставил перед собой задачи вывести какой-либо вид животного или сорт растения. В то же время при сознательном (методическом) отборе как раз и решается именно эта задача. Методический отбор заключается в том, что селекционер ставит необходимую вполне определенную для него задачу и ведет отбор по одному - двум признакам.

Искусственный отбор, т.е. сохранение особей с полезными признаками для размножения и устранения всех остальных проводит человек, ставящий перед собой определенные задачи. Признаки, накапливаемые при искусственном отборе, полезны для человека, но не для животных. Ч.Дарвин высказал предположение, что в природе сходным путем накапливаются признаки, полезные только для организмов и вида в целом, в результате чего образуются виды и разновидности. Ч.Дарвин показал, что у представителей диких видов животных и растений индивидуальная изменчивость наблюдается очень широко, что является основой для возможного подбора тех или иных необходимых для организмов признаков. В качестве фактора, действующего аналогично воле человека в процессе искусственного отбора, Ч.Дарвин определил, что в природе происходит непрерывная борьба за существование. Этот термин должен пониматься в широком смысле, как любая зависимость организмов от всего комплекса условий окружающей его живой и неживой природе. Иначе говоря, борьба за существование - это совокупность многообразных и сложных взаимоотношений, существующих между организмами и условиями среды.

Ч.Дарвин выделил три основные формы борьбы за существование: а) межвидовую, б) внутривидовую, в) борьбу с неблагоприятными условиями среды. Ч.Дарвин выдвинул следующее главное положение: в природе происходят процессы избирательного уничтожения одних особей и преимущественного размножения других - явление естественного отбора (или выживание наиболее приспособленных). При изменении условий внешней среды полезными для выживания могут оказаться какие-то иные, чем прежде, признаки. В результате меняется направление давления отбора, перестраивается генетическая структура вида. Благодаря размножению широко распространяются новые признаки, появляется новый вид.

Следовательно, виды изменяются в процессе приспособления к условиям внешней среды. Движущей силой изменения видов, т.е. эволюции, является естественный отбор. Материалом для отбора служит наследственная (неопределенная, индивидуальная, мутационная) изменчивость. Если организмы меняются в результате прямого влияния внешней среды, то эта изменчивость не имеет значения для эволюции, поскольку по наследству не передается.

По Ч.Дарвину, накопление различий полезных признаков носит длительный характер (из поколения в поколение). Движущим механизмом является ожесточенная борьба за существование между наиболее сходными особями. Постепенное расхождение признаков из поколения в поколение постепенно приводит к видообразованию - дивергенции. Ее причиной могут стать и неодинаковые условия внешней среды в разных районах территории, занимаемой видом, поэтому через определенное число поколений постепенное накопление изменений приводит, в конце концов к тому, что разные группы особей становятся разновидностями, а затем и видами.

Строение живых организмов очень тонко приспособлено к условиям существования. Любой видовой признак или свойство носят приспособительный характер, целесообразный в данной среде, в данных жизненных условиях. Приспособления не появляются в готовом виде, а представляют собой результат отбора случайных наследственных изменений, повышающих жизнеспособность организмов в конкретных условиях. Любые приспособления целесообразны

только в обычной для вида обстановке. При изменении условий среды они оказываются бесполезными или вредными для организма.

Любая структура и любая функция являются приспособлением к внешней среде. Эволюционные изменения - образование новых популяций и видов, возникновение или исчезновение органов, усложнение организации обусловлены развитием приспособлений - адаптаций. Целесообразность живой природы - результат исторического развития видов в определенных условиях, поэтому она всегда относительна и имеет временный характер.

Критика теории эволюции Ч.Дарвина велась со дня ее появления. Вызывали сомнения в верности живой силы естественного отбора - борьбы видов, например, П.А.Кропоткин утверждал, что большую роль играет в эволюции взаимопомощь; ряду специалистов небесспорным казалось, что изменения могут идти во всех возможных направлениях и случайным образом; концепция номогенеза утверждала, что изменения происходят не беспорядочно, а по законам развития форм. Однако в целом теория эволюции оказалась весьма устойчивой к возражениям вплоть до появления под влиянием экологических исследований концепции коэволюции, которая смогла объяснить достаточно убедительно многие биологические феномены, к примеру, возникновение полов. Как химическая эволюция - результат взаимодействия химических элементов, так по аналогии - биологическая эволюция может рассматриваться как результат взаимодействия организмов. Случайно образовавшиеся более сложные формы увеличивают разнообразие и стало быть устойчивость экосистем.

А.А.Горелов (1998) приводит очень убедительный пример совместной эволюции организмов. "Простейшие жгутиковые, живущие в кишечнике термитов, выделяют фермент, без которого термиты не могли бы переваривать древесину и расщеплять ее до сахаров. Встречая в природе симбиоз, можно предполагать, что его конечной стадией является образование более сложного организма. Травоядные животные могли развиваться на базе симбиоза животных и микроскопических паразитов растений. Паразит уже обрел некогда способность производить ферменты для переваривания веществ, имевшихся в организме его хозяина-растения. Животное же делится с паразитом питательными веществами из растительной массы. Удивительная согласованность всех видов жизни есть следствие коэволюции" (с.52).

В природной среде выделяют несколько типов взаимодействий между популяциями, часть из которых мы уже рассмотрели выше: 1) нейтраллизм, при котором ассоциация двух популяций не сказывается ни на одной из них; 2) взаимное конкурентное подавление, при котором обе популяции активно подавляют друг друга; 3) конкуренция из-за ресурсов, при которой каждая популяция неблагоприятно действует на другую или при борьбе за пищевые ресурсы в условиях их недостатка; 4) аменсализм, при котором одна популяция подавляет другую, но сама не испытывает отрицательного влияния; 5) паразитизм; 6) хищничество, при котором одна популяция неблагоприятно воздействует на другую в результате прямого нападения, но тем не менее зависит от другой; 7) комменсализм, при которой одна популяция извлекает пользу из объединения, а для другой это объединение безразлично; 8) протокооперация, при которой обе популяции получают преимущества от объединения, но связь их не облигатна (необязательна); 9) мутуализм, при котором связь популяций благоприятна для роста и выживания обеих" (Ю.Одум, 1972, с.273).

Ю.Одум выделяют два важных принципа: 1) в ходе эволюции и развития экосистем существует тенденция к уменьшению роли отрицательных взаимодействий (2-х - 4-х) за счет положительных, увеличивающих выживание взаимодействующих видов; 2) в недавно сформировавшихся или новых ассоциациях вероятность возникновения сильных отрицательных взаимодействий больше, чем в старых ассоциациях. Аспекты реализации этих принципов отражаются в основных механизмах функционирования экосистем, но эти же принципы имеют значение при рассмотрении коэволюции. Наличие этих принципов отнюдь не означает, что по мере развития экосистем исчезнут хищники или жертвы, паразиты. Целостность биосферы обеспечивает функционирование различных типов взаимодействия и в рамках эволюции опасности и преодоление их способствует ее осуществлению. На это было обращено внимание в работах философа Ф.Ницше: "живите опасно", "ищите врагов Ваших". Трудности нужны, чтобы их преодолевали и таким образом совершенствовались.

В природной среде нет ничего вредного для вида, так как то, что вредно для индивида или популяции, полезно для вида с точки зрения его эволюции. Взаимоотношения между организмами выступают в качестве регуляторов в развитии популяций, особенно тех, которые не имеют внутренних механизмов, предотвращающий неограниченный рост численности, которое могло бы служить причиной самоуничтожения популяции. Отрицательные взаимодействия могут ускорять естественный отбор, приводя к возникновению новых адаптаций, морфологических и физиологических изменений и способствуя тем самым увеличению разнообразия признаков и эволюции видов. Борьба на одном уровне может влиять на другие уровни противостояния. Весьма плодотворным с экологической точки зрения оказалось изучение системы “хозяин-паразит”, в частности, было установлено, что в этой паре осуществляется конкурентная борьба, в результате которой усложняется и “хозяин” и “паразит”. Гибель одного ведет к гибели другого, а сосуществование увеличивает сложность системы.

Системное экологическое изучение биологических процессов позволило объяснить происхождение полов: половые различия дают в системе “хозяин”-“паразит” именно хозяевам уникальные преимущества, поскольку позволяет обмениваться частями генетического кода между особями. Рекомбинация больших блоков генетической информации в результате полового размножения позволяет изменять признаки в потомстве быстрее, чем при мутациях. Поэтому потомки в этом случае могут быть более резистентными (оказывающими сопротивление) к паразитам, чем их родители. Паразиты же вследствие кратности периода воспроизводства и быстрого хода эволюционных изменений меньше нуждаются в наличии полов и обычно бесполо. И в данном случае конкурентные взаимоотношения между организмами служат фактором естественного отбора.

Основной особенностью отрицательного взаимодействия популяций является то, что при их синхронной эволюции в стабильной экосистеме степень отрицательного влияния уменьшается. По Ю.Одуму (1975), “иными словами, естественный отбор стремится уменьшить отрицательное влияние или вообще устранить взаимодействие популяций, поскольку продолжительное и сильное подавление добычи или хозяина популяцией хищника или паразита может привести к уничтожению одной из них или обеих” (с.286). Направленность конкуренции - эволюция, а не отнюдь уничтожение вида.

Выше мы уже отмечали, что условием уменьшения отрицательного взаимодействия является стабильность экосистемы и то, что ее пространственная структура обеспечивает возможность взаимного приспособления популяции. Отрицательные и положительные отношения между популяциями в экосистемах, которые достигают стабильного состояния, в конце концов, уравновешивают друг друга. В иных же случаях виды могут быть элиминированы (уничтожены).

Концепция коэволюции хорошо объясняет эволюцию в системе “хищник”-“жертва” - постоянное совершенствование и того и другого компонента системы. В системе “хозяин”-“паразит” естественный отбор должен вроде бы способствовать выживанию менее вирулентных (опасных для хозяина) паразитов и более резистентных (устойчивых к паразитам) хозяев. Постепенно паразит становится коменсалом, т.е. безопасным для хозяина, а затем они могут стать мутуалами - организмами, которые способствуют взаимному процветанию, как грибы и фотосинтезирующие бактерии, вместе образующие лишайники. Но это не является абсолютным правилом, паразиты являются неизбежной, обязательной частью любой стабильной экосистемы. Коэволюционное соперничество способствует возрастающему разнообразию экосистем.

Положительные взаимодействия образовались в ходе эволюционного процесса в следующей последовательности: комменсализм (преимущество имеет одна популяция), кооперация (пользу получают обе популяции) и мутуализм (пользу получают обе популяции, причем они полностью зависят друг от друга). Кооперация встречается в природной среде настолько же часто, что и конкуренция, причем объединяются иногда значительно отличающиеся друг от друга организмы с очень разными потребностями, а конкурируют организмы со сходными требованиями к условиям среды и взаимоотношениям к другим формам жизни.

**Значение коэволюции.** Выше уже были рассмотрены основные этапы эволюции жизни на Земле, а также гипотезы ее возникновения. В середине же XX века Л.Маргулис было выдвинуто

предположение, что эукариоты возникли в результате симбиотического союза простых прокариотов таких как бактерии, что в целом не противоречит вышеописанному. Была предложена гипотеза, что митохондрии (клеточные органеллы, которые извлекают энергию из кислорода и углеводов) произошли от аэробных бактерий; хлоропласты растений прежде были фотосинтезирующими бактериями. По мнению Л.Маргулис, симбиоз - образ жизни большинство организмов и один из наиболее сознательных факторов эволюции. Мы, например, отмечаем, что подавляющее большинство грибов, настолько связаны с корневой системой растений, что образуют единое формирование - микоризу. Совместная жизнь приводит к появлению новых видов и признаков. Внутренний симбиоз партнеров - механизм усложнения строения очень многих организмов. А.А.Горелов (1998) пишет, что изучение ДНК простых организмов подтверждает, что сложные растения произошли из соединения простых, что можно изобразить в виде схемы (рис. ). Из схемы следует, что соединение двух организмов ведет к созданию третьего, а присоединение к нему еще одного образует четвертый организм. Эти данные хорошо согласуются с положительными синэргетики, в частности, с их помощью объясняется формирование колоний амёб при недостатке пищи.

Козволюция во многом дает понимание перехода целесообразности на уровне организмов к целесообразности на уровне сообществ и жизни в целом. Эта целостность определяется тем, что существуют не внешние по отношению к сообществам, а внутренние объективные надорганизменные механизмы эволюции.

В целом, дарвиновские положения о том, что естественный отбор является главной движущей силой эволюции должны быть несколько скорректированы с современных экологических позиций следующим образом: естественный отбор - это не "созидатель" эволюции, а ее "диспетчер".

По Ю.Одуму (1975, с.350) эволюция осуществляется не только на видовом уровне. "Естественный отбор на более высоких уровнях также играет важную роль, особенно 1) сопряженная эволюция, т.е. взаимный отбор зависящих друг от друга автотрофов и гетеротрофов, и 2) групповой отбор, или отбор на уровне сообществ, который ведет к сохранению признаков, благоприятных для группы в целом, даже если они неблагоприятны для конкретных носителей этих признаков".

В настоящее время, определение коэволюции или сопряженной эволюции, данное Ю.Одумом (1975, с.354) представляется наиболее обоснованным и позволяющим с его помощью проводить дальнейшие исследования на разных уровнях взаимодействия систем живых организмов: "Сопряженная эволюция - это тип эволюции сообщества (т.е. эволюционных взаимодействий между организмами, при которых обмен генетической информацией между компонентами минимален или отсутствует), заключающийся во взаимных селективных воздействиях друг на друга двух больших групп организмов, находящихся в тесной экологической взаимозависимости".

А.А.Горелов (1998, с.57) пишет: "Гипотеза сопряженной эволюции Эрлиха и Равена (1965) сводится к следующему. В результате случайных мутаций или рекомбинаций растения начинают синтезировать химические вещества, не имеющие непосредственного отношения к основным путям метаболизма или, возможно, являющиеся побочными отходами, возникающими на этих путях. Вещества эти не мешают нормальному росту и развитию, но могут уменьшать привлекательность растений для растительноядных животных. Отбор приводит к закреплению данного признака. Однако насекомые фитофаги могут выработать ответную реакцию (наподобие устойчивости к инсектицидам). Если в популяции насекомых появится мутант, способный питаться растениями, которые прежде были устойчивы к данному насекомому, отбор закрепит этот признак. Итак, растения и фитофаги эволюционируют вместе". Это определяет существование генетической обратной связи, представляющая собой такой вид обратной связи, в результате которой один вид является фактором отбора для другого, и этот отбор влияет на генетическую конституцию второго вида. Естественный отбор в сообществах (группах) организмов выполняет роль генетического механизма коэволюции, способствуя сохранению признаков, благоприятных для популяций и сообществ в целом, но не выгодных для их отдельных генетических носителей внутри популяции. Козволюционная концепция объясняет заботу о потомстве у животных, повиновение вожакам, даже взаимопомощь и устранение агрессивности путем демонстрации "умирающих поз" и т.п.

По утверждению ряда специалистов групповой отбор может путем реализации генетического механизма привести к гибели популяции, если ее деятельность становится опасной или вредной для существования сообщества. Это в целом можно в определенной мере отнести к взаимодействиям человеческой популяции с компонентами биосферы?!

**О гипотезе “Гея-Земля”.** Суть Гея-гипотезы: Земля является саморегулирующей системой (созданной биотой и окружающей средой), способной сохранять химический состав атмосферы и тем самым поддерживать благоприятное для жизни постоянство климата. Эта гипотеза существует около 20 последних лет, ее авторами являются Д.Лавлок и Л.Маргулис. Основой их предположений служат представления о том, что живые организмы, объединенные в целое со средой своего обитания, могут при переходе на каждый новый более высокий уровень способны во все большей степени контролировать условия существования, включая, в первую очередь атмосферу, и только затем в гидросферу и почвенные горизонты.

По мнению Д.Лавлока, присутствие жизни на планете может определено исключительно по изменению в химическом составе ее атмосферы. Такие представления базируются на обнаруженной химической неравновесности атмосферы Земли. По представлениям в рамках понятия геофизиология (по Д.Лавлоку), как системного подхода в науках о Земле. В работах ряда отечественных специалистов аналогичный подход к наукам о нашей планете рассматривается в рамках геоэкологии.

Согласно же Геи-гипотезы то, что сохраняющаяся длительная химическая неравновесность в атмосфере обусловлена только за счет реализации совокупности жизненных процессов на Земле. С момента появления жизни “запустился” и продолжает функционировать механизм биологической автоматической термостатики, в котором избыток двуокиси азота в атмосфере играл регулируемую роль, препятствуя тенденции потепления, связанной с возрастанием яркости солнечного света, что характеризует проявление механизма обратной связи. Подтверждением данных представлений выступила модель, сконструированная Д.Лавлоком, в соответствии с которой при изменении яркости потоков солнечного света растет биоразнообразие, ведущее к возрастанию способности регулировать температуру поверхности планеты, а также к росту биомассы.

Д.Лавлок утверждает, что все мы (т.е. и люди, и все другие живые организмы) представляем собой обитателей и часть квазиживой целостности, которая обладает свойством глобального гомеостаза, способного нейтрализовать неблагоприятные внешние воздействия в пределах способности к саморегуляции. По А.А.Горелову (1998), когда подобная система попадает в состояние стресса, близкого к границам саморегуляции, маленькое потрясение может подтолкнуть ее к переходу в новое стабильное состояние или даже (!) полностью уничтожить. В то же время Гея-Земля способна даже отходы превратить в необходимые для нее элементы и как полагает Д.Лавлок, может выжить даже после ядерной катастрофы (!). Здесь следует высказать наше мнение по этому поводу: да, Гея-Земля, да, даже биосфера может выжить и при “ядерной зиме” и “захлебнувшись в отходах”, но без человека, что, конечно, не внушает мягко говоря большого оптимизма...

В целом же эволюция биосферы по Д.Лавлоку, может быть процессом, который выходит пока за рамки полного понимания, контроля и даже участия человека?

Если же подойти к “Гея-гипотезе” с биологических позиций, то по Л.Маргулис, жизнь на Земле представляет собой сеть взаимозависимых и взаимообусловленных связей, что и позволяет нашей планете действовать как саморегулирующаяся и самовоспроизводящая система.

Главным выводом из изложенного является в том, что движущие силы эволюции - это конкуренция, и взаимопомощь, и их сочета

Глава 23. Экологическая сущность принципа гармонизации

В предыдущих главах книги представлен материал, показывающий, в частности, резкое увеличение масштабов человеческой «природообразовательной» деятельности, которое ставит вопрос о гармонии взаимодействия человека и природы. Речь идет именно о гармонии как одной из формул единства, так как именно гармония представляется наиболее обеспечивающей

возможность выхода из ситуации глобального экологического кризиса. В то же время, простое единство представляет собой диалектическое выражение суммы противоречий между человеком и природой на каждом из отрезков времени их сосуществования.

А.Н. Горлов (1996, с.60) пишет: «Поскольку очевидно, что без природной среды человек существовать не может, разрешение экологических противоречий возможно лишь на путях гармонизации взаимоотношений человека и природы, а так как экологические противоречия имеют свои социальные и гносеологические причины, развиваются в преобразовательной и познавательной сфере, затрагивают этические и эстетические аспекты деятельности, гармонизация взаимоотношений человека и природы должна быть проведена на нескольких уровнях: природопреобразовательном, познавательном и личностно-ценностном».

На этом пути следует рассмотреть как основополагающее по значимости создание внутренней гармонизации человеческого общества, а также науки, техники и производства как составляющих в современности наиболее существенную часть экологических отношений.

История человеческой культуры никогда не была чужда рассмотрению взаимодействий человека и природы, и почти всегда при этом гармония между ними представлялось как выражение идеального.

В.И. Вернадский для своей «Биосферы» не случайно взял в качестве эпиграфа слова Ф.И. Тютчева «Невозмутимый строй во всем, созвучье полное в природе».

А.И. Горелов (1996, с.60), на наш взгляд, верно излагает необходимость рассмотрения гармонизации на базе смысла русского слова «единение», как выражающего большую, чем единство степень внутренней близости. Еще большей, превосходной степенью будет – лад, созвучие, гармония. «Сочувственная, сопонимающая, сопереживающая взаимность человека и природы и есть их гармония». Однако есть ли объективные основания возможности и необходимости гармонизации взаимоотношений человека и природы.

Если оценить гармонию с философских позиций, то она предполагает, что составные части системы представляют собой сущности единства. Практика взаимоотношений человека и природы показывает, что это возможно, так как гармония присуща как природе, так и человеку в отдельности. Условие возможности в данном случае вероятно выполняется.

Второе объективное основание возможности гармонизации взаимоотношений человека и природы – та ее «подчиненность мере к гармонии», о которой писал В.И. Вернадский.

Историческими корнями возможности гармонизации являются разнообразные традиции гармоничного взаимодействия человека с природой, которые наполнены культурой. Да, собственно и сама человеческая культура сформировалась как способ разрешения противоречий между человеком и природой. Каждый этнос, каждый народ в силу условий своего развития, сформировал определенный уклад взаимоотношений с природой, таковы, например, русские национальные традиции природопользования и ... примеров можно привести значительное число.

Относительно же перспектив обретения гармонии человека и природы, замечает А.Н. Горелов (1996), следует сказать, что развитие, как показывают современные научные данные, идет не только по жестким детерминистским законам. На определенных этапах развития система внутренне перестраивается под влиянием внешних факторов, создавая состояние объективной неопределенности, когда точного ответа о направлении дальнейшего развития точно дать невозможно. В данный момент как бы «прорабатываются» различные варианты движения системы «человек – природная среда». Подтверждением этому служит собственно сам факт глобального экологического кризиса, точнее пока, экологической неустойчивости. Но, так как это по существу, точка бифуркации, то гармонизация может рассматриваться не как жестко детерминированное исполнение определенного закона, а как один из возможных вариантов «проектируемого» будущего. Объективные социальные и природные основания для реализации

сценария гармонизации человека и природы достаточны. Вследствие этого гармонизация не просто ценностная установка, она имеет вполне реальное значение для определения путей экологического развития и будущего человеческой цивилизации.

Необходимость гармонизации взаимоотношений человека и природы порой отрицается, исходя из бытующих представлений о гармонии как о чем-то неподвижно безжизненном (даже и красивом) и потерявшем потенции развития. Достижение гармонии рассматривается как вершина развития, после чего необходимость к совершенствованию становится ненужной. Однако, чтобы гармония утверждалась, а утвердившись, не развалилась, необходимы постоянные напряженные усилия, так как она (гармония) свершится сама по себе не может, а возникает в борьбе, да, в той самой борьбе противоположностей, в разрешении противоречий. Гармония – не некое статичное состояние, а процесс взаимного согласованного развития, коэволюции, причем в процессе этого развития согласованность увеличивается.

Гармония между человеком и природой не может исключить противоречий в этой системе, поэтому говорить о победе над природой, о ее покорении, по меньшей мере, иллюзорно. Некие «победы» могут иметь месть на каком-то временном этапе, но для сохранения устойчивости системы всегда последует ответная победа. Это выражение фундаментального характера диалектического противоречия между этими двумя частями единой системы. Человек обречен на борьбу с природной средой и одновременно с самим собой. Тем не менее, в процессе борьбы, понимаемой в качестве способа саморазвития природы и человека, возможно установление на каждом этапе более или менее гармоничного соответствия социальных и экологических целей и потребностей. Это, естественным образом, относительная гармония, которая призвана соотнести между собой всю ритмику процессов, идущих на нашей планете, в противном случае, жизни на Земле грозит катастрофа, уж во всяком случае, жизни человека.

Следует еще раз подчеркнуть, что исторически человек никогда не был в антагонистических противоречиях с природой и никогда, вопреки утверждениям К. Маркса не боролся с ней, вплоть до полного уничтожения всего в природе, что было возможно при том или ином уровне развития производительных сил и производственных отношений.

Гармония в системе «человек-природа» выступает как результат свободного взаимодействия. Человек достигает гармонии с природой не ценой отказа от своих целей и ценностей, иначе собственно гармонизации не станет, так как роль одного из партнеров взаимодействия будет низведена до «ничто». Гармонизация станет не сведением человека к природе и не возвращением его к состоянию «первобытности», когда он находился в непосредственном единстве с природой, не максимально возможное увеличение функциональных связей между человеком и природой и не чистое созерцание им природы, а достижение согласия между развитием природной среды и сущностных потенций человека.

Гармонизация взаимоотношений человека с природной средой не предполагает копирование той стратегии, которой следуют отдельные живые существа в их эволюции, как писал И.И. Шмальгаузен: «в индивидуальной жизни организмы «питаются» отрицательной энтропией окружающей среды, т.е. поддерживают свою упорядоченность активным воздействием на эту среду – ее дезорганизацией, разрушением... В эволюции организмы снижают энтропию, т.е. поддерживают свою упорядоченность естественным отбором особей, наиболее успешно разрушающих внешнюю среду, т.е. повышающих ее энтропию». (И.И. Шмальгаузен, 1972, с.6). Это показывает, что такая стратегия природных существ не подходит для человека при гигантском увеличении масштабов человеческой деятельности, которое грозит гибелью и человеку и биосфере. Подход к решению проблемы должен отвечать сущности человека.

Исходя из вышеизложенных предпосылок гармонизации, перед человеком возникает и проблема поддержания гармонии в самой природе в условиях все увеличивающегося вовлечения природных систем в процессы человеческой деятельности. Именно человек сейчас становится ответственным за гармонию во внешней природе так же, как он ответственен за жизнедеятельность собственного организма.



Внутренняя же гармония в самом человеке – существенная предпосылка гармонии внешней. В этом смысле положение «жить в согласии с природой», сформулированное еще античными философами, остается верным и сейчас, и в самом широком смысле.

Следование своей внутренней природе, предполагающее отказ от односторонне потребительской жизненной ориентации, которая во многом свойственна современному человеку и так называемому «потребительскому обществу», ориентация на развитие всех сущностных сил человека привели бы к изменению его отношения к внешней природе, которое стало бы более совершенным в познавательном, нравственном и эстетическом планах.

Принцип гармонизации тесно связан с другим важным для взаимодействия человека и природы принципом – интегративного разнообразия.

Выше мы уже говорили о том, что для устойчивости жизненных систем необходимость разнообразия есть условие обязательное. Разнообразие в данном случае носит характер интегративного. «Каждый более высокий уровень в природе, являясь более сложным и дифференцированным, для того, чтобы быть жизнеспособным, должен заключать свое разнообразие в целое, обладающее эмерджентными свойствами. Это и можно назвать принципом интегративного разнообразия» (А.И. Горелов, 1996, с.64)

Собственно точка Омега, которая рассматривается концепцией ноосферы, и есть тот момент, при котором психогенез приходит к объединению.

Дилемма «агрегации-изоляции», которая присуща развивающимся сообществам, разрешается на базе принципа интегративного разнообразия. По Ю. Одуму, агрегация усиливает конкуренцию, но в то же время создает значительные возможности в реализации преимуществ у разных особей, приводящее к развитию коллективистских тенденций в сообществах. При разобщении особей в популяции, конкуренция значительно уменьшается, но при этом происходит утрата значительного количества даже приобретенных ранее преимуществ, которые возникли при групповом развитии и образе жизни. Преимущества агрегации усиливаются, а недостатки уменьшаются, если каждая из агрегированных особей имеет свое разнообразие и существует разделение труда, то есть, если интегрируется не одинаковое, а различное. Это в полной мере справедливо не только для сообществ в живой природе, но и для социума. Положительная роль разделения трудовой деятельности в общественных объединениях была выявлена Э. Дюркгеймом, а классовость, возникающая при разделении труда, вызывает опасности в развитии общества, что было установлено К. Марксом.

В применении к человеку как к социотипу принцип интегративного разнообразия предполагает сочетание творческого подхода, нацеленного на создание нового, на мобилизацию и запуск «Коллективного Разума», на единение Разума и Души, на развитие чувства добра и любви, объединяющего индивида с другими людьми и природой в целом.

Главной проблемой на данном этапе взаимодействия с природой является то, каким образом ее нужно преобразовывать, потому что вопрос о необходимости преобразования уже решен, так как без этого существование человеческого общества невозможно. Однако при преобразовании природы необходимо поддерживать и развивать порождающую (возрождающую) силу природы. Это возможно только при творческом подходе к преобразованию природы, то есть деятельности должна активно предшествовать мыследеятельность, «инженерии-технике» должна предшествовать «наука-культура», высшим выражением которой собственно и есть творчество. А творчество представляет собой единение Разума и Души, а для природы важнее при ее поддержании воздействие Коллективного Разума и Души особенно в условиях глобального экологического кризиса.

Творчество как высшее выражение мыследеятельности имеет наибольшие возможности в преобразовании природы, но исключительно при условии, что каждый преобразовательный акт представляет создание качественно нового, а не тиражирование ранее изобретенного.

В экологическом аспекте творческое преобразование есть такое, которое учитывает специфику ландшафта и нацелено на то, чтобы гармонично вписать человеческую деятельность в данную природную обстановку, в данную окружающую среду. В экологическом смысле преобразование должно иметь творческий характер в своей цели, в своем замысле. Важным в этом направлении является тот факт, что именно массовое тиражирование научно-технических достижений во многом ответственно за нарастающие экологические трудности. Только сущностные силы человека, реализация им своей природы за счет творчества могут позволить затормозить развитие экологического кризиса. Решение экологической проблемы не находится исключительно в сфере системы функциональных связей между обществом и природной средой, а является составной частью общего прогресса человечества и природы в целом.

Уменьшение разнообразия в природной среде ведет к снижению устойчивости экосистем, в полном соответствии с закономерностями их развития и последующему отрицательному влиянию природы на человечество и его культуру. Только путь развития культуры представляется надежным способом разрешения противоречий между обществом и природой. Любое развитие культуры «а priori» предполагает в качестве базовой предпосылки творческое постижение бытия и его творческое преобразование, причем не в упрощении, а наоборот, в умножении и увеличении разнообразия экосистем, что обеспечивает устойчивость экосистем (А.А. Горелов, 1996).

Творчество в преобразовании природы как альтернатива глобальному экологическому кризису реализуется в единении человека и природы, в приложении к природной среде Разума и Души.

## Глава 24. Экологическое моделирование

Как известно, моделирование позволяет получить предварительное объяснение и предсказание поведения экосистем в условиях, когда теоретический уровень исследований в тенденциях развития природной среды оказывается недостаточно точным или вероятностно неопределенным. В этом аспекте моделирование должно быть обязательным дополнением к теоретическим построениям, так как существует значительный разрыв (в т.ч. «временной») между практическим воздействием на природу и теоретическим осмыслением последствий этого воздействия. В связи с этим, все более или менее качественно новые варианты «переустройства» биосферы должны обязательно моделироваться.

Модель, как средство отражения преобразования, характеризуется не только соответствием с объектом, который должен быть преобразован и соответствием идее преобразования. Модель должна быть сообразной с планирующей деятельностью человека, а, следовательно, с теми средствами, в том числе и орудиями труда, которыми общество обладает на тот момент, который соотносится с преобразованиями и еще лучше с последствиями преобразований. В модели образуется единство свойств, которые подобны свойствам прототипа, и свойств, выражающих целевую установку человека.

В качестве натурной модели при исследовании участка под строительство сооружения можно использовать участок, на котором уже было осуществлено строительство. Это довольно распространенный способ использования в проектно-исследовательской практике так называемого метода объектов-аналогов, территорий-аналогов. Особенно важно в экологическом аспекте установление воздействующих факторов и последствия воздействия в осуществленном строительстве.

Отсутствие подобия модели (в ее окончательной стадии) прототипу не является препятствием для моделирования. Результаты модельной деятельности на каждом отрезке моделирования сопоставляются с результатами рассмотрения оригинала при учете конечной цели преобразования прототипа.

Моделирование после задания жесткой целевой установки оправдывало себя до тех пор, пока человечество не стало осуществлять свою деятельность в глобальном масштабе, преобразуя значительные территории. Несомненным является то, чем крупнее территория, тем разнообразнее могут быть варианты ее изменения. В связи с этим, моделирование целесообразно использовать и для выбора целей преобразования огромной территории, не исключая его использования для выбора целей преобразования биосферы в целом. Нынешний момент в теории моделирования преобразований в экологических аспектах заключается в следующем: до недавнего времени цели и средства преобразований были самостоятельны и в общем не были зависимы от результатов моделирования, сейчас же результаты моделирования преобразований и их последствий существенно влияют на средства и на цели преобразований. Как считает ряд специалистов, моделирование предмета преобразований должно рассматриваться с моделированием целей и средств преобразований.

Все современные действия, «операции» над природной средой не могут быть иными, кроме как сознательными, и это определяет необходимость применения различных методов моделирования и типов моделей. Чем разнообразнее моделирование, тем более оно стимулирует теоретические исследования, синтез знаний и обеспечивает важнейшую в современном мире координацию преобразовательной и познавательной сторон человеческой деятельности и «мыследеятельности».

Как известно, существует два главных вида моделей: модели-аналоги (описание), широко применяемые в естественных науках и модели-интерпретации, основные в математике. В случае, когда объектом моделирования является экосистема и, тем более, глобальная экосистема - биосфера, эти два вида моделей должны использоваться комплексно. В целом при моделировании последствий преобразований, то есть будущего для объекта преобразований, а для человека с практических позиций потребного, нужного ему будущего окружающей среды, все

построения в модели осуществляются на основе изучения действительного состояния. Идеальная модель будущего носит всегда абстрактный характер, хотя они почти всегда модель-описания, в то время как вещественная модель, построенная на основе идеальной, обычно очень конкретна, как правило, она – модель-интерпретация.

Существенным аспектом моделирования является масштаб моделирования, особенно, если объектом является оценка последствий воздействия в интервале времени большем, чем продолжительность жизни одного поколения. Масштабное моделирование позволяет избежать чрезмерного риска при укрупнении масштабов человеческой деятельности. Той же цели служит натурное моделирование в естественных условиях. Оно может осуществляться для изучения какого-либо обособленного процесса, но гораздо продуктивнее комплексное исследование с применением методологий естественных, технических и гуманитарных наук, что позволяет моделировать связи между процессами, протекающими на территории, как объекте моделирования. В этом случае натурная модель весьма продуктивна для оценок больших по масштабу территорий и может служить хорошей базой для моделей- интерпретаций во временном аспекте большой продолжительности.

При разработке способов преобразования природных систем, внутренний причинный механизм функционирования которых недостаточно ясен, применимы физическое, математическое и очень перспективное компьютерное моделирование. Последнее позволяет провести количественный прогноз отдаленных последствий принятия различных альтернативных решений.

Если модель, как средство познания, используется для получения прогноза функционирования какого-либо процесса, то модель как средство преобразования необходима, прежде всего, для управления процессом. В данном случае любой прогноз становится нормативным, то есть моделирование именуется нормативным (А.А. Горелов, 1996). Информация в виртуальных компьютерных формах, в живых организмах, популяциях, экосистемах, в человеческом обществе (социум) не только воспринимается, но и преобразуется с формированием на ее основе вышеуказанной нормативной модели, которая собственно и реализуется затем в действительность. Применение в качестве нормативной математической, физической и виртуальной модели, как комплексной модели, позволяет перейти к масштабному моделированию последствий преобразований на значительных территориях, что очень важно при решении природоохранных задач, исходя из «экологической прозрачности» границ между отдельными экосистемами различных иерархических уровней. В общем, целью является не только познание последствий, их временных масштабов, но и управление экологическими условиями различного размера объектов в природной среде.

Намечается тенденция к тому, чтобы строить модели все более комплексные и все больших по размерам регионов. Дело в том, что критерий оптимизации системы каких-либо ресурсов зависит от стратегии использования ресурсов вообще и многих других факторов, связанных с преобразовательной деятельностью человека. Поэтому оптимальный вариант использования данного вида ресурсов может оказаться не оптимальным в рамках более общей задачи. Следует остановиться на следующем соображении: полное или частичное использование ресурсов, особенно невозобновляемых полезных ископаемых, отвечает современному уровню развития производительных сил и даже производственных отношений, а на более низком уровне: от уровня развития науки, техники, а главное, технологий. Представляется, что не всегда использование «глубоких» технологий современного этапа является экологичным, так как эти технологии позволяют практически полностью использовать ресурс. Иными словами, человек может полностью использовать, например, какое-либо полезное ископаемое, лишив тем самым будущие поколения этого ресурса, который мог бы быть использован в иных технологиях с гораздо более высоким уровнем «коэффициента полезного действия».

В этой связи наиболее целесообразным выглядит моделирование не только отдельных фрагментов природной среды, но и биосферы в целом, так как полученные при этом результаты позволяют лучше исследовать модели природных систем, расположенных на более низких

структурных уровнях. Если мы рассматриваем биосферу как единое целое, то и действия человека по ее познанию и преобразованию (это относится и к моделированию) должны находиться во вполне определенном единстве.

В этом смысле следует рассмотреть некоторые результаты глобального моделирования. В принципе это описания возможного развития биосферы в условиях жесточайшего нарастающего антропогенного прессинга. Первые попытки создания глобальных моделей были осуществлены Дж. Форрестером и группой Д.Медоуза на основе разработанного Дж. Форрестером метода системной динамики, позволяющего исследовать поведение сложной структуры взаимосвязанных переменных.

В созданных моделях рассматривались пять главных переменных – пять главных тенденций мирового развития – быстрый рост населения, ускоренные темпы промышленного производства, широкое распространение зоны недостаточного питания, истощение невозполнимых ресурсов и загрязнение окружающей среды. Особенностью моделирования было рассмотрение их во взаимосвязи, точнее во взаимовлиянии.

Результаты показали, что даже при отсутствии резких социально-политических перемен в мире и при сохранении существующих технико-экономических тенденций примерно в 2030-2050 годах произойдет замедление роста промышленности и сельского хозяйства, и в результате резкое падение численности населения – демографическая катастрофа – вымирание человечества. При другом варианте с допущением, что достижения науки и техники обеспечат возможность получения неограниченного количества ресурсов, катастрофа наступает от чрезмерного загрязнения окружающей среды. При допущении, что общество сможет решить задачу охраны окружающей среды, рост населения и выпуск продукции будет продолжаться до тех пор, пока не исчерпаются резервы пахотной земли, а затем опять же наступает коллапс. Весьма неутешительный вывод – катастрофа неминуема, так как все опасные для человечества тенденции растут по экспоненте, и беда может реализоваться неожиданно, в связи с тем, что рост по экспоненте известен своей «коварностью».

Главной рекомендацией группы Д.Медоуза в книге «Пределы роста» было создание так называемого глобального равновесия: численность населения и состояние производства, стабилизированные на современном уровне, не будут означать застоя, так как человеческая деятельность, не требующая большого расхода невозполнимых ресурсов и не приводящая к деградации природной среды, может развиваться неограниченно, но к этой деятельности относят: науку, искусство, просвещение, спорт (!?).

В целом говорить о пределах роста в современной структуре человеческого общества, а тем более об их ограничении, абсолютно нереалистично. В лучшем случае следует рассматривать пределы роста в определенных направлениях, но также не в абсолютном измерении. Задачей является предвидение опасности роста в той или иной деятельности и выбор пути гибкой переориентации развития.

Моделирование глобального типа продолжается до сих пор и главное, что оно показало, - это возможность для человечества при определении своего будущего оперирования более широким спектром возможностей, чем дилемма «рост-равновесие».

Модели Д.Медоуза и других его последователей имеют важное значение, так как они показывают, что грозит человечеству в случае сохранения и развертывания некоторых негативных тенденций технико-экономического развития при отсутствии принципиальных научно-технических и социально-культурных изменений в мире.

Очень важно отметить, что у этих моделей нет конструктивных преобразовательных аспектов, как известно, важнейшего методологического принципа позитивного моделирования.

Весьма интересными представляются результаты глобального моделирования М.Месаровича и Э.Пестеля, изложенные в известной книге «Человечество на переломе», где отмечается, что

основной причиной экологических опасностей является стремление к количественному экспоненциальному росту без качественных преобразований экономической системы. Мировая система рассматривается как единое целое, в котором все процессы настолько взаимосвязаны, что промышленный рост каких-либо регионов без учета изменений в других регионах может вывести мировую экономическую систему из устойчивого состояния. Данная модель показала, что угроза экологической катастрофы отодвигается при органичном сбалансированном росте всей мировой системы. Наиболее приемлемыми оказались модельные варианты взаимодействия между регионами, в которых действие развивалось по сценарию кооперации.

Концепция органичного роста привлекательна, но человечество пока не достигло такой степени целостности, чтобы сознательно и органично развиваться – как «дерево» - хотя технические возможности человека достигли такого уровня, что он может уничтожить все (!) деревья на Земле.

Методология глобального моделирования представляет собой экстраполяцию методов системного анализа различных областей действительности на исследование мировой системы в целом. В этом плане примечательным являются работы группы экспертов ООН во главе с В.Леонтьевым. «Если Форрестер и Медоуз использовали метод системной динамики, разработанный для анализа и проектирования индустриальных систем, а Месарович и Пестель – сформировавшийся прежде всего в биологии метод иерархических систем, то группа ООН применила разработанный В.Леонтьевым для анализа экономических систем метод «затраты-выпуск», основанный на построении матрицы, отражающей экономическую структуру межотраслевых потоков. Работа группы В.Леонтьева была определенным шагом на пути к повышению конструктивности глобального моделирования, поскольку в основном ориентировалась на рассмотрение вариантов улучшения существующего эколого-экономического положения на нашей планете» (А.А. Горелов, 1996, с.87).

Своеобразным видом экологического моделирования в глобальном масштабе явились работы группы специалистов Всемирного Совета предпринимателей, обобщенное в работе Ш. Шмидхейни «Смена пути» эти работы носят характер практического исследования механизма запуска любой позитивной модели на базе исключительно экономических принципов и их конкретных объектах и регионах, основываясь на принципе: «экологические затраты являются экономически выгодными».

История человечества с синергетической точки зрения подразделяется на два этапа. На первом этапе лидеры эволюции живут за счет потребления ресурсов окружающей среды, т.е. это гетеротрофный стиль питания. На втором этапе лидеры эволюции переходят уже к автотрофности, в частности, человеческое общество живет за счет сельскохозяйственного и промышленного производства и деградации биосферы. Цикл эволюции в нашей системе заканчивается, говоря общими словами, отравлением среды обитания отходами жизнедеятельности лидеров эволюции (цианобактерии отравляли хемобиосферу кислородом, а человечество отравляет оксибиосферу восстановительными газами, искусственными химическими соединениями и токсинами, тяжелыми металлами, радиоактивным излучением и т.д.). Исходя из этого глобальный экологический кризис является закономерным и неизбежным следствием хода эволюции. Широкое расселение цианобактерий – «давление живого», описанного В.И. Вернадским, и ограниченность запасов двувалентного железа в мантии Земли стали причиной периферийского глобального экологического кризиса. Точно также численный рост человечества, его природопокорительскую идеологию и конечность самих размеров считать главной причиной современного глобального экологического кризиса. Разница между этими кризисами, прежде всего в скорости, современный глобальный экологический кризис развивается в сотни тысяч раз быстрее периферийского, и даже в тысячи раз быстрее неолитического квазиглобального кризиса.

Из этого можно сделать следующие выводы:

- на стадии глобального экологического кризиса неизбежным является смена лидеров эволюции; она происходит путем адаптации жизни к новой, «отравленной» среде обитания, путем сложного симбиоза – кооперации наиболее устойчивых жизненных форм; так новым лидером эволюции после прерифейского глобального экологического кризиса стали эукариоты, а после современного – по аналогии, должен стать некий симбиоз человеческого мозга и биокибернетических устройств (киборг), перспектива, прямо скажем, для нас и наших потомков не слишком радужная;

- человечество, осуществившее экспансию разума во все геосферы Земли, следовательно, этим завершает свою эволюционную миссию и, с момента создания кибернетического организма, адаптированного к техносфере, а значит, и к космосу, очевидно начнется экспансия разума за пределы Земли, на которую человек, по своим возможностям как биологический вид, не способен;

- весь ход эволюции, доступный современному обозрению, является, в определенной степени, запрограммированным; становится вполне обсуждаемой гипотеза о том, что и сама наша Вселенная тоже является информационно-самоорганизующейся системой, своего рода «живой материей» по В.И. Вернадскому; здесь вполне совместимым с задачей является глобальное экологическое компьютерное моделирование развитие биосферы и человечества;

- человечество вплотную находится на рубеже главной для него бифуркации, на которой решается его будущая судьба – остается ли оно владельцем своей экологической ниши – планеты Земля (подобно цианобактериям) – или будет (подобно уркариотам) вытеснен из нее новым лидером эволюции.

В наше время человечество подходит к рубежу, на котором цивилизация может (!) перейти в новое качественное состояние – Общество с Коллективным Разумом. Осознание неизбежных последствий глобального экологического кризиса, как губительной для нас и наших потомков опасности, становится – должно стать (!) – импульсом, который запустит процесс формирования Коллективного Разума. «Человечество должно осознать себя Единым с биосферой Организмом, жизнь и будущее которого должна планироваться и управляться точно также, как планируется и управляется наша собственная личная жизнь» (В.А.Зубаков, 1997, с.120).

Собственно, до конца 2-го тысячелетия нашей эры человечество эволюционировало, главным образом, в сторону природопокорительской идеологии на базе главенствующего принципа антропоцентризма (воинствующего «ЭГО» - человека), в нынешнее время ориентация развития общества должна существенно измениться в сторону сознательного поддержания гомеостаза общества (и человека!) с биосферой и смены идеологического принципа на биоцентризм, когда человек переходит в состояние единения с биосферой.

Нам представляется наиболее интересными обобщения сценариев развития биосферы и общества, выполненные В.А. Зубаковым (1997).

Один из этих сценариев, который активно поддерживается рядом отечественных и зарубежных географов, утверждает, что собственно глобального экологического кризиса нет, и представляет собой концепцию «самотека», то есть, если человечество с момента возникновения до нынешнего времени исходило из принципа «жить как получается в данное время и уповать на то, что все образуется само собой». О несовместимости сценария «самотека» с выживанием человечества приведено много доказательств, но лучше всего это сделано группой Д. Медоуза на компьютерной модели World 3, которая показывает, что при жизни по этому сценарию цивилизация придет к коллапсу уже к середине XXI века.

Наиболее широко известен в настоящее время сценарий «устойчивого развития (УР)». На феномене устойчивого развития мы уже останавливались несколько выше и отмечали, что он был одобрен на глобальном экофоруме в Рио-де-Жанейро, и уже реализуется в региональных проектах в Нидерландах, Англии, Франции, США и ряде скандинавских стран. Довольно значительное число стран, в том числе и Россия, продекларировало на уровне государственных

нормативных актов переход к реализации Концепции устойчивого развития. Это, по мнению широкого круга специалистов, сценарий «нулевого роста», нацеленный на «удовлетворение потребностей настоящего времени, но не ставящий под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности». Возможно, что он действительно годится для высокоразвитых стран, которые могут переориентировать свою экономику на экологический стиль развития в ближайшие два десятилетия. Но планы перейти на устойчивое развитие для большинства развивающихся и слаборазвитых стран, население которых приближается к 5 млрд. чел., то есть почти 80% мирового населения, близки к нулю, несмотря на кредиты и гуманитарную помощь, которых никогда не бывает достаточно. Сейчас развивающиеся страны, где нынче находится и Россия, и страны СНГ, живут, главным образом, за счет своих природных ресурсов, вывозимых в развитые страны.

Если в результате осуществления принципа «энвайроментализации» своего пространства развитые страны постиндустриального типа прекратят ввоз природных ресурсов из развивающихся и слаборазвитых стран, то все эти страны окажутся на грани экономического, а за ним экологического краха. Таким образом, стратегия устойчивого развития – это односторонняя стратегия выживания так называемого «золотого миллиарда» населения Земли. По мнению Н.Н. Моисеева, давшего глубокий анализ реализуемому в Нидерландах проекту устойчивого развития, эта стратегия может обеспечить благополучие немногих жителей развитых стран за счет деградации остальных миллиардов населения, но только в течение жизни нескольких поколений. В целом, как подтверждают экономисты, это отсрочка, которая дает человечеству около 50 лет для выработки реальной стратегии выхода из глобального экологического кризиса.

В основе сценария биотического регулирования и восстановления «дикой» биосферы лежат давние идеи Т. Мальтуса и новые серьезные теоретические исследования, произведенные В.Г. Горшковым и В.И. Даниловым-Данильяном, К.Я. Кондратьевым и др. Считается, что биосфера уже вышла из стационарного состояния, которое описывается принципом Ле-Шателье-Брауна и стремительно деградирует. Рубежом, когда биосфера потеряла способность к самоподдержанию своих биогеохимических циклов, является начало XX века. Главной причиной глобального экологического кризиса в данном сценарии считается стремительный рост народонаселения планеты, которое, как полагают, более чем в 10 раз превысило «разумные» (!?) пределы. Исходя из этого, авторы сценария считают необходимым срочное снижение антропогенной нагрузки на материковую часть биосферы не менее, чем в 10 раз, а для этого в виде главного механизма этого предлагают десятикратное снижение численности населения Земли. Но этот механизм не может быть реальным, так как не обеспечивает необходимой «срочности», а при условии, что «срочность» не достигается, при шестимиллиардном населении Земли достаточно длительное время будет наблюдаться не снижение численности, а его прирост. Никакие же искусственные способы снижения численности, вплоть до человеконенавистнических – войн, голода, лагерей уничтожения, геноцида и действий типа «Пол Пота», фашистских и советских лагерей, искусственных эпидемий, не позволяют достичь результата срочного снижения численности природонаселения, не говоря уже о морально-этической стороне.

Тем не менее, снижение темпов роста численности населения – задача абсолютно необходимая и поиск пути для ее решения лежит в самых разных направлениях: от образования женщин и молодежи, до различного рода социально-экономических, религиозных, административных и других мероприятий, наконец, постепенная воспитательная работа, например, реализация принципа «одна семья – один ребенок». Этот принцип позволяет на первом этапе решать не только экологические задачи, но и обеспечивать разрешение этических, религиозных, нравственных и даже психологических и физиологических принципов во внутрисемейных и общественных отношениях.

Декларируемая в этом сценарии цель – гомеостаз общества и биосферы достигается опять же путем «самотека», т.е. реализацией стихийных внутриобщественных и экономических



тенденций. Сценарий этот не может быть обеспечен, так как в обозримом будущем добиться уменьшения населения Земли в 10 раз невозможно.

Очень интересным и отчасти фантастическим является сценарий форсированного создания биокрибернетических организмов. В начале разработок этого сценария были И.С. Шкловский, затем над ним работали А.Д. Урсул, В.А. Зубаков и другие. В.И. Данилов-Данильян пишет по поводу этого сценария: «По-моему это так же вероятно, как и приход на смену людям, приведенный, водяных или леших». Но тем не менее, работы в направлении искусственного интеллекта и киберорганизмов ведутся, а возможности человека создавать все новое и новое, как мы уже неоднократно убеждались, безграничны...

Подводя итог беглому рассмотрению этих четырех сценариев, можно сделать вывод о том, что ни один из них не является подходящим для реализации выхода человечества из глобального экологического кризиса. Иначе говоря, следование путем стихийного развития, продолжающего природопокорительскую стратегию действий общества по отношению к биосфере, ничем иным, как переходом биосферы в сугубую техносферу (т.е. исчезновение биосферы) закончиться не может. И существующая природопокорительская же цивилизация должна быть замещена природопокорительской же цивилизацией киборгов и электронных роботов, адаптированных к техносфере, а следовательно, к космической среде.

Стихийным путем, в условиях естественного отбора, наша планета как некий суперорганизм, развивалась около 4 млрд. лет. Сценарий сознательно-регулируемого-ноосферного развития был указан в качестве альтернативы гениальным В.И. Вернадским. Это отнюдь не утопия, В.И. Вернадский обосновывал ноосферу как реальность, причем, следуя его линии, нужно говорить об обретении биосферой Разума. Во временных рамках цивилизации человечество, как совокупность разумных личностей, вплоть до нынешнего времени продолжает жить «вне разума» (неразумно), подчиняясь стихии сиюминутной выгоды. Окончательное становление ноосферы могло связываться В.И. Вернадским с появлением Коллективного Разума человечества, и как полагают многие нынешние специалисты, обретением человечеством Коллективной Души.

В.И. Вернадский в 1944 году, формулируя главные принципы ноосферной стратегии, мог описать их только в самом общем виде. Теперь эту стратегию классифицируют по двум направлениям. Первое – это сценарии с неограниченным ростом населения, представляется сейчас как абсолютно утопичное решение. Хотя надо заметить, что сам В.И. Вернадский, развивавший идеи автрофикации человечества и считавший, что рост численности человечества возможен до 22 млрд., по-видимому, склонялся именно к этому направлению. Авторы сценариев этого типа следуют идеям ненасилия – эволюции и гуманизма, а в итоге они попадают в утопию, так как само содержание процесса эволюции как чередование кризисов и гомеостаза предполагает, что формой выхода из кризисов является, как правило, революция. Первыми же, кто сформулировал необходимость и неизбежность революционного выхода из современного глобального экологического кризиса, как сценария второго направления, были основатели и руководители Римского клуба (А.Печчен, А.Кинг, В. Шнайдер). Идея всеобъемлющей революционной перестройки всего мировоззрения развивается многими исследователями: Н.Н. Моисеевым, Н.Ф. Реймерсом, А.Д. Урсулом, В.М. Матросовым, В.А. Зубаковым.

Главными идеями ноосферного выхода человечества из глобального экологического кризиса являются:

- необходимость теоретических основ новой мировоззренческой идеологии отношения человечества к биосфере, по главенствующему принципу: «Земля – наш Дом»;
- обеспечение длительного гомеостаза общества и биосферы;
- существенная депопуляция человечества для устранения хронической нищеты на планете;
- депопуляция и обеспечение гомеостаза могут быть реализованы только при запуске Коллективного Разума;

- Коллективный Разум позволяет осуществить консенсус богатых стран и народов (Севера), которые направляют свои экономики и технологии на нужды населения всей планеты, и бедных стран (Юга), женщины которых возьмут не менее, чем на 1 поколение, на себя обязанность не иметь более одного ребенка, т.е. реализацию принципа «Одна семья – один ребенок».

- реализация идей Коллективного разума невозможна без Коллективной Души, первой задачей которой должна стать задача воспитания нового человека, как члена нового общества;

- смена стратегии количественного роста населения и потребления им ресурсов на стратегию качественного совершенствования, - это стратегия наступательного развития.

Шансы на переход человечества от стратегии «самотека», ориентирующейся на традиционную природопокорительскую идеологию, на новую ноосферную будут возрастать тем быстрее, чем быстрее человечество будет осознавать размеры и сроки надвигающейся катастрофы. Мир вступил или вступает в информационное общество, и знания, следовательно, станут в ближайшее время много доступнее и, в связи с этим, при использовании концепции устойчивого развития, создающей небольшую отсрочку, и исходя из ноосферной стратегии, в ближайшее время должны появиться более научно обоснованные идеи выхода из глобального экологического кризиса. Это вполне реальная перспектива при запущенном Коллективном Разуме с Душой в информационном обще

## **Глава 25. Концепция ноосферы**

Глобальный характер взаимоотношений человека со средой его обитания привел к появлению понятия ноосферы (от гр. ноос-разум и сфере-шар), под которой понимается “сфера взаимодействия природы и общества, в которой человеческий разум при посредстве технически оснащенной деятельности становится определяющим фактором развития” (Совр. философ. словарь. 1998, с.575).

Вероятно исторически первым понятием, совпадающим по смыслу с ноосферой, является ойкумена - населенная часть суши, которая довольно широко использовалась в античном мире. Успехи же естествознания заложили серьезный фундамент в разработку ноосферы: Ж.Бюффон - обоснования геологического значения человека; Д.Д.Дана и Д.Ле-Конт - эмпирическое обобщение определенной направленности эволюции живого вещества: “цефализация” или “психозойская эра»; в начале XX века И.П.Павлов очень часто использовал термин “антропогенная эра”, исходя опять же из геологической роли человека. В 1922-23 гг. В.И.Вернадский в своих лекциях в Сорбонне и Париже выдвинул тезис о биохимических явлениях как основе биосферы. Приняв эту идею В.И.Вернадского французский математик Е.Лерца в 1927 году ввел понятие ноосферы, как современной стадии, геологически переживаемой биосферой. Это понятие было выработано вместе с Тейяром де Шарденом - геологом, палеонтологом, философом. Ноосфера, по Тейяру де Шардену, - это коллективное сознание, которое станет контролировать направление будущей эволюции планеты и сольется с природой в идеальной точке “Омега”, подобно тому, как раньше образовались такие целостности как молекулы, клетки и организмы. “Мы непрерывно прослеживали последовательные стадии одного и того же великого процесса. Под геохимическими, геотектоническими, геобиологическими пульсациями всегда можно узнать один и тот же глубинный процесс - тот, который материализовавшись в первых клетках, продолжается в сознании нервных клеток. Геогенез, сказали мы, переходит в биогенез, который в конечном счете ничто иное, как психогенез... Психогенез привел нас к человеку. Теперь психогенез ступенькается, он сменяется и поглощается более высокой функцией - вначале зарождением, затем последующим развитием духа - ноогенезом” (Тейяр де Шарден, 1973, с.180).

В.И.Вернадский воспринял это понятие, но развил его на базе своего учения о биосфере, как закономерный результат ее развития. Если в ранних работах В.И.Вернадский определял биосферу, лишь как область Земли, охваченную жизнью, то впоследствии он уже использовал более точное понятие живого вещества, поскольку термин “жизнь” многозначен (!?). Как живое вещество, что стало ясно, благодаря биогеохимическим работам В.И.Вернадского, преобразует

косную материю, являющуюся основой его развития, так и человек неизбежно должен обладать и обладает обратным влиянием на природную среду, породившую его. Если по В.И.Вернадскому земная кора представляет собой остатки былых биосфер, и живое вещество и косная материя, объединенные цепью прямых и обратных связей, образуют современную биосферу, как единую систему, то человек и природная среда, также создает единую систему - ноосферу.

Выявленное В.И.Вернадским и другими естествоиспытателями основные закономерности существования живого вещества и в первую очередь его "всюдность", общность природных законов дают полное основание утверждать о наличии о некоей единой сфере окружающей Землю.

Мы уже подчеркивали, что биосфера не раз переходила в новое эволюционное состояние. Это было, например, в кембрии, когда появились крупные организмы с кальциевыми скелетами, или в третичное время - 15-80 млн. лет тому назад, когда возникли леса и степи, а с ними и крупные млекопитающие и сейчас, за последние 10-20 тыс. лет, когда человек, выработав в социальной среде научную мысль, создает в биосфере новую геологическую силу. Биосфера тем самым переходит в новое эволюционное состояние - ноосферу. Научная мысль как проявление живого вещества по существу не может быть обратимым явлением. Раз возникнув, она несет в себе возможность неограниченного развития. Рост научной мысли, тесно связанный с ростом заселения человеком биосферы, должен ограничиваться чуждой живому веществу средой и оказывать на нее давление, поскольку он связан с возрастающим количеством живого вещества, прямо или косвенно участвующего в научной деятельности и в ее высшем выражении "мыследеятельности". Этот рост и связанное с ним давление постоянно увеличивается благодаря тому, что в них резко проявляется действие массы создаваемых технических средств, экспансия которых в ноосфере подчиняется том же законам, что и размножение живого вещества, то есть выражается в геометрических прогрессиях. По Д.Н.Федякову (1998), как размножение организмов проявляется в давлении живого вещества в биосфере, так и ход геологического проявления научной мысли давит создаваемыми им орудиями на косную, содержащую его среду биосферы, создавая ноосферу - царство разума.

Кроме научного фактора, формирование ноосферы, согласно В.И.Вернадскому определяется следующими условиями и предпосылками:

- человечество стало единым целиком; ход мировой истории охватил весь земной шар, включив в единый процесс различные культурные области, некогда развивавшиеся изолированно;
- преобразование средств связи и обмена сделало регулярным и систематическим обмен веществом, энергией и информацией между различными элементами ноосферы;
- овладение новыми источниками энергии предоставило человеку возможность коренного преобразования окружающей среды;
- возрастает качество жизни значительного числа людей, трудом и разумом, которых создается ноосфера;
- вполне осознано равенство всех людей и важность исключения войн из жизни общества.

Не отрицая и не сомневаясь в значимости перечисленных условий, следует признать главенствующими в формировании ноосферы именно феномен науки. Если следовать известному выражению Л.Фейербаха о том, что наука есть сознание рода, то мнение В.И.Вернадского о главенстве науки в создании ноосферы представляется философски обоснованным. Каждое научное достижение, опыт и открытие имеет конкретного автора, но будучи созданным, оно становится достоянием всего человечества, включаясь в качестве элемента в единое родовое знание. Вследствие этого встречающееся иногда отождествление ноосферы с понятием антропосферы неверно по своей внутренней сущности. Никакой синонимичности между этими понятиями нет, так как факт множества людей, хоть и повсеместно расселившихся, далеко еще не является свидетельством о целостности. Наука же как разум рода свидетельствует о наличии неразрывности, о "сфере" как целом. В определенной степени и в силу той же логики вполне правомерным представляется понятие техносферы, т.е. сферы создания и применения технических средств и приемов деятельности. Техническое изобретение - продукт творческой мысли конкретного

человека в определенной культурной среде, так же, как и научное открытие, - становится достоянием человечества, силой рода. Надо отметить, что В.И.Вернадский не считал правильным такое толкование понятия техносферы, так как в понятии ноосферы есть чрезвычайно важная составляющая, а именно долженствование. Дело в том, что признание науки атрибутом человечности свидетельствует о необходимости подчинения "силы" разуму. Поэтому техника является элементом ноосферы, хотя сама обладает определенными свойствами, глобальности (сферичности)". Это важная составляющая ноосферы - долженствование - достаточно широко используется в околонучных рассуждениях по поводу ноосферы и экологии в целом, к примеру, довольно часто употребляется такой тезис: "Если мы все принадлежим ноосфере, то к природе и друг к другу отношение должно быть разумным», но в данном случае, под "разумным" понимается отношение исключительно антропоцентричное и прагматичное.

Крупнейший "ноосферолог" и по существу один из основоположников "Ноосферологии" Т.де Шарден предложил версию ноосферы, которая в своих наиболее существенных чертах совпадает с теорией В.И.Вернадского, но имеет значительно более "гуманитарный" характер. "Каждый наблюдатель, - говорит Т. де Шарден, - субъективно всегда является центром перспективы. Нечто иное происходит, например, с прогуливающимся человеком, если он случайно попадает в точку, из которой не только взгляды, но и сами вещи расходятся в разные стороны, скажем, пересечение дорог. Тогда субъективная точка зрения совпадает с объективной. Именно такую позицию занимает человек как родовое существо. В силу своего качества и биологических свойств мысли мы оказываемся в уникальной точке, узле, господствующем над целым участком космоса, открытым в настоящее время для нашего опыта. Центр перспективы - человек - одновременно является центром конструирования универсума (вселенной). Эволюция природы рассматривается в направлении человека.

В цельной картине мира наличие жизни неизбежно предполагает существование до нее бесконечно простирающейся преджизни. В ходе эволюции сознание как бы концентрируется. Концентрация сознания изменяется обратно пропорционально простоте материального соединения, которое оно сопровождает. Или, иначе, сознание тем совершеннее, чем более сложное и лучше организованное материальное строение оно сопровождает. Духовное совершенство и материальный синтез - это лишь две взаимосвязанные стороны или части одного и того же явления. Последнее положение представляет собой качественный закон, который объясняет процессы перехода от одной сферы к другой: в начале невидимое состояние, затем постепенное преобладание внутренней сущности над их внешним образом. Этот закон раскрывается, если рассматривать переход универсума (вселенной) из некоего состояния "А", характеризующегося значительно большим числом составляющих весьма простых материальных элементов (с очень бедным внутренним содержанием), в новое состояние "Б", которое определяется меньшим числом очень сложных группировок (с существенно более богатым внутренним содержанием). В состоянии "А" очаги сознания, весьма многочисленные и вместе с тем чрезвычайно слабые, проявляются лишь в совместных действиях, подчиняющихся статическим закономерностям. Это область физико-химии. В состоянии "Б" эти элементы, менее многочисленные и вместе с тем более индивидуализированные, постепенно избавляется от "рабства" больших чисел. Они начинают проявлять вонне свою коренную, не поддающуюся измерению "спонтанность". Их можно видеть и следить за каждым из них в отдельности. С этого момента мы вступаем в мир биологии.

Собственно жизнь начинается с клетки. С самого начала клеточная туманность, несмотря на свое внутреннее множество, представляла собой своего рода рассеянный суперорганизм - своего рода живую клетку. Выше мы уже рассматривали основные отличия и особенности "живого" - жизни, которая характеризуется: а) "изобилием", благодаря которому проявляется эффективность естественного отбора, борьбы за существование; б) "изобретательностью", определяющей совершенство структуры живых организмов; в) "безразличием к индивидам"; г) "тенденцией всеохватывающего единства". Развитие жизни, проходя ряд стадий приводит к появлению приматов с характерным для них отсутствием узкой специализации естественных органов. У приматов эволюция, пренебрегая всем остальным и, следовательно, оставляя его пластичным, затронула

непосредственно мозг. Вследствие этого в восходящем движении к наибольшему сознанию они оказались впереди других.

По Д.М.Федяеву (1998), “качественная характеристика заключается в рефлексии: “животное знает, но, в отличие от человека, не знает о своем знании”. Рефлексия<sup>6</sup> - атрибут разума. Рефлектирующее существо в силу самого сосредоточения на самом себе становится способным развиваться в новой сфере. В действительности, это возникновение нового мира. Рефлектирующий психический центр, однажды сосредоточившись на себе, может продолжать существование лишь путем единого двустороннего развития, которое состоит в дальнейшем самососредоточении посредством проникновения в новое пространство и одновременно в сосредоточении вокруг себя оптимального мира, путем установления в окружающей реальности все более стройной и лучше организованной перспективы. С появлением человека психогенез сменяется более высокой функцией - вначале зарождением, затем последующим развитием духа - ноогенезом. Соответственно выделяется и новая оболочка, новый покров Земли, “мыслящий пласт” - ноосфера. С ее появлением Земля “меняет кожу” и обретает душу. Если сопоставить возникновение ноосферы с другими явлениями, в соответствии с их истинными размерами, историческая ступень рефлексии имеет более важное значение, чем любой, например, “зоологический разрыв”, будь то разрыв, отмечающий возникновение четвероногих или даже многоклеточных. Среди последовательных этапов, пройденных эволюцией, зарождение мысли непосредственно следует за конденсацией земного химизма или за самим возникновением жизни сравнимо по своему значению лишь с ними.

Таким образом, В.И.Вернадский в качестве сущностной характеристики ноосферы видит в феномене науки, представляющей “проявление действия в человеческом обществе совокупности человеческой мысли”. Для Т.де Шардена в качестве сути ноосферы проявляется рефлексия, хотя точного определения Т. де Шарден в своих работах не дает, но к рефлексии относит: абстракцию, логику, обдуманый выбор и изобретательность, математику, искусство, рассчитанное восприятие пространства и длительности, то есть знание в самом широком смысле и при любом толковании. Поскольку же рефлексия не распространяется на животных, то можно утверждать, что существует собственно человеческое знание. Таким образом вполне обоснованным является то, что наука - это всеобщий, коллективный Разум, “со-знание” рода.

Примерно двадцать последних лет идея некоторого всеобщего, коллективного по Н.Н.Моисееву и многим другим, Разума стало все более подтверждаться глобализацией информационной сети. Еще в 80-е годы Е.Масуда спрогнозировал, что массовая компьютеризация всех видов человеческой деятельности, при овладении информационными системами людьми самого различного возраста и уровня образования, создадут к началу III-го тысячелетия глобальную информационную сеть, которая послужит предпосылкой к появлению нового “сверхсущества”, единого Разума практически в буквальном смысле слова. Надо сказать, что уже сейчас информация (ее единица) спродуцированная, либо принятая отдельным человеком (ее автором), если попадает к примеру, в глобальную сеть “Интернет” начинает существовать и даже работать уже независимо от воли и желания ее автора.

В пользу вышеуказанного говорят уже достаточно подтвержденные экспериментами работы в области “искусственного интеллекта” В.А.Зубаков (1997, с.122) пишет: “... я вынужден здесь привлечь внимание ... к опубликованному «Литературной газетой» от 11 октября 1995 года репортажу собкора РИА “Новости” в Англии В.Симонова с Международной конференции по робототехнике в Лондоне. В нем сообщалось о докладе проф. Кэвина Уорвика. Его группа в университете Ридинг сконструировала семь самодвижущихся шестиногих мини-роботов - “семь гномов”, имеющих электронный мозг (Е-мозг) на уровне интеллекта насекомых. Трехнедельное наблюдение за ними привело проф. Уорвика к устрашающим выводам. Поведение этих Е-существ, действующих без заданной программы, было загадочным и непредсказуемым: одни обладали элементами коллективизма, обменивались друг с другом сигналами в инфракрасном диапазоне, каждый раз выбирая себе лидера и подчиняясь ему. Они учились и день ото дня становились все

---

<sup>6</sup> Рефлексия (от позднелат. рефлексии- обращение назад), 1) размышление, самонаблюдение, самопознание; 2) форма теоретической деятельности человека, направленная на осмысление своих собственных действий и их законов (СЭС. М.1980, с.1134)

сноровистее, при чем проявляли индивидуальные особенности. Иначе говоря, скорость эволюции их Е-мозга была феноменальной. Наблюдения привели профессора к мрачному прогнозу и в своем докладе он задает вопрос: "Кто или что будет править планетой?" И отвечает: "Уверяю Вас, ответ звучит устрашающе". Эксперимент был остановлен...?! "Сошлюсь также на большую статью американского кибернетика А.Болонкина под названием "Если не мы, то наши дети будут последним поколением людей", в которой предсказывается, что через 500-100 лет электронный (Е-мозг) сравняется по своим возможностям с мозгом человека, после него начинается быстрый переход человеческой цивилизации в электронную. А люди будут вытеснены в резервации и смогут сохраниться там в очень небольшом числе подобно тому, как сейчас дикая фауна сохраняется в заповедниках. "За короткое время Е-мозг превзойдет человеческий в сотни и тысячи раз - пишет А.Болонкин, - ... и сможет пользоваться суммой знаний, накопленных человечеством за всю историю Земли. Как только Е-мозг достигнет человеческого уровня, человечество выполнит свою историческую миссию и не потребуется более ни природе, ни Богу".

Это довольно мрачный аспект размышлений о тенденциях формирования ноосферы, дело в том, что к нему подталкивает мысль о том, что существующая природопокорительская человеческая цивилизация должна, по аналогии, быть защищена природопокорительской же цивилизацией киборгов и электронных роботов, адаптированных к техносфере, а следовательно, и к космической среде.

По Д.М.Федяеву (1998), если человечество располагает родовым знанием (наукой) и родовой силой (техникой, при помощи которой преобразуется среда обитания человека), то нетрудно заметить, что структурно ноосфера еще до конца не оформлена даже теоретически, ибо знание и сила нуждаются в воле. Гипотетическая родовая воля может быть признана элементом ноосферы, если следуя В.И.Вернадскому, включить технику в состав ноосферы или, если к двум указанным знанию в силе добавить сферу родовой воли. По крайней мере так шло развитие концепций ноосферы, как В.И.Вернадского, так и Т.де Шардена. В частности, В.И.Вернадский не раз возвращался к размышлениям о том, каким именно должно быть "проявление человечества как единого целого", чтобы взаимодействие природы и общества могло стать оптимальным. Ему представлялось, что оно может быть воплощено в едином для всей планеты всемирном государстве. Ноосфера, у В.И.Вернадского, разумеется отнюдь не будущее, это реальность.

По В.А.Зубакову (1997, с.122-123), в последнее время появились работы, в которых используется образ обретения биосферой души. "Мне кажется, что следуя за мыслью В.И.Вернадского, точнее было бы говорить об обретении планетной разума. Во временных рамках цивилизации человечество как совокупность разумных личностей вплоть до настоящего дня продолжает жить неразумно, подчиняясь стихийным силам... Окончательное становление ноосферы могло связываться, как я думаю, с появлением коллективного разума человечества".

Согласно Т. де Шардену, мы уже упоминали об этом несколько выше, сфера нуждается в центре, который он именует просто точкой "Омега", или просто Омегой, сутью которой является всеобщая любовь, ведущая к объединению. Это самая фундаментальная страсть из всех присущих человеку, отличающих его в сути своей от всех других живых на Земле. Это то, что низвергает один за другим элементы объединяет их в целое под напором замыкающейся вселенной (универсума). Всеобъемлющая любовь - единственно полный и конечный способ, которым мы можем любить (Д.М. Федяев, 1998).

Н.Н.Моисеев пишет (1997, с.12): "Мир человека - это неразрывная связь рационального и иррационального. Это и концепция, и инстинкты, непредсказуемость или нелогичность поведения и т.д. и т.п. И его духовный мир, его иррациональная сущность, по-видимому, принципиально необъяснимы... наибольшую радость человеку, ощущение полноты и прелести жизни дает как раз иррациональная составляющая его миропредставления его жизни".

Имеется еще одно важное соображение, неучтенное в первоначальных идеях ноосферы. Человек взаимодействует со средой его обитания не только разумно, но и чувственно, поскольку он сам существо не только разумное, но разумно-чувственное, в котором разумный и чувственный компоненты сложным образом переплетены. Конечно, чувственное не следует открывать от разумного и чувства могут быть как осознаны, так и нет. Тем не менее, проведение здесь

определенных различий вполне уместно и предохраняет от односторонних трактовок. Ноосферу не обязательно следует понимать как некий экологический идеал, поскольку не всегда с экологической точки зрения хорошо то, что преимущественно рационально, а само понятие разумного исторически изменчиво. Так, все современные технологические схемы, конечно же, по своему разумны и рациональны.

Все это чрезвычайно близко и к идее всеобъемлющей любви, и к идее всемирного государства, разумеется, гуманного, действующего на научной основе и самых лучших побуждений и духовных представлений. При наличии родовой воли оба этих подхода формируют целостную структуру ноосферы.

Исторический опыт последних десятилетий не дает оснований сожалеть о незавершенности теории ноосферы, главное то, что родовая воля пока не может быть рациональной, так как самые тяжелые последствия может дать именно деятельность, направленная к единой цели в гигантских масштабах, даже из самых лучших побуждений - во имя любви ко всему человечеству. К тому же научное знание, как известно, всегда исторически ограничено, а ориентации науки на истину не исключает наличия заблуждений в научном знании. Поэтому слишком масштабная практическая реализация научных представлений того или иного рода, направленная единой волей, может быть опасной по своим последствиям, но также может быть опасным отсутствием каких-либо проявлений родовой воли, что означает невозможность создания ноосферы.

Сам В.И.Вернадский видел противоречивость отдельных положений концепции о ноосфере, как идей революционных, охватывающих наиболее острые проблемы человечества и его будущего. Поэтому эти вопросы и сейчас вызывает острые споры среди исследователей. Например, Ю.Одум (1986) считает, что несмотря на огромные возможности и способности человеческого разума к управлению природными процессами, тем не менее, еще рано говорить о ноосфере, так как человек не может предугадать все последствия своих действий. Об этом свидетельствует множество возникших проблем на нашей планете. Ряд ученых (Куражковский, 1992 и др.) полагают, что правильнее говорить в настоящее время лишь о существовании начальных стадий развития ноосферы (протоноосферы), отличающейся от ее будущего.

«Человечеству предстоит смена парадигмы развития, переход в другой эволюционный канал, подобно тому, как это случилось в начале палеолита, когда оно постепенно перешло от биологической эволюции к эволюции общественной. Но каков будет теперь этот новый канал, никому пока не известно. Хочется думать, и я в этом убежден, что выбор пути развития немислим без участия Коллективного Интеллекта человечества... Не утопии, которая является плодом размышления того или иного мыслителя, а именно Коллективного интеллекта... вопрос состоит в том, чтобы “запустить” Коллективный Интеллект - направить его усилия на поиск необходимых компонентов тех цивилизаций, которые окажутся способными создать новую “парадигму развития” (Н.Н.Моисеев, 1997, с.15-16).

В.И.Вернадский развил концепцию ноосферы как растущего глобального осознания усилившегося вторжения человека в естественные биогеохимические циклы, ведущего в свою очередь ко все более взвешенному и целенаправленному контролю человека над глобальной системой.

В концепции в полной мере представлен один аспект современного этапа взаимодействия человека и природы - глобальный характер единства человека и природной среды. В период создания концепции ноосферы противоречивость этого аспекта не была столь очевидна как сейчас. В.И.Вернадский, развивавший идеи автрофикации человечества и считавший, что рост численность населения Земли возможен до 22 млрд, склонялся к тому, что такой сценарий эволюции человеческой цивилизации бесспорно утопичен. Подтверждением этого служит факт того, что уже при 6 млрд людей на нашей планете наметились устойчивые тенденции к глобальному экологическому кризису, темпы развития которых настолько велики, что требуется срочное решение демографических проблем, особенно в так называемых развивающихся странах, где нарастает скорость изъятия невозобновимых ресурсов. Стало ясно, что единство человека и природы

противоречиво хотя бы в том плане, что из-за увеличивающегося обилия взаимосвязей между ними растет экологический риск как плата человечества за преобразование природной среды.

За время своего существования человек, мягко говоря, сильно изменил биосферу. По мнению Н.Ф.Реймерса, “люди искусственно и некомпенсированно снизили количество живого вещества Земли, видимо не менее, чем на 30% и забирают в год не менее 20% продукции всей биосферы” (Реймерс Н.Ф., 1992, с.129). Биосфера превращается в техносферу и хотя последняя есть составляющая ноосферы, происходит столкновение двух ветвей развития биосферы. В данном случае биосфера не эволюционирует закономерным образом в ноосферу с использованием техносферы как реализации науки, а превращение биосферы в техносферу на нынешнем этапе осуществляется при торможении антропогенным натиском, иными словами, направленность антропогенного воздействия прямо противоположна направленности эволюции биосферы. Можно говорить о том, что с появлением человека начинается нисходящая ветвь эволюции биосферы - снижается биомасса, продуктивность и информационность биосферы. Антропогенные воздействия разрушают естественные системы природы. Как полагает Н.Ф.Реймерс, “вслед за прямым уничтожением видов следует ожидать самодеструкции живого» «Фактически этот процесс и идет в виде массового размножения отдельных организмов, разрушающих сложившиеся экосистемы” (Н.Ф.Реймерс, 1992, с.136). Таким образом, пока еще нельзя ответить на вопрос, создает ли в будущем человек сферу разума или своей неразумной деятельностью погубит и себя, и все живое.

Кроме всего этого, с выходом человека в космос область взаимодействия человека с природной средой перестала ограничиваться сферой Земли, и ныне данное взаимодействие ограничивается маршрутами космических летательных аппаратов. В наше время можно уже говорить не о ноосфере, а “ноосистеме” (А.А.Горелов, 1998), так как это отражает новую пространственную конфигурацию взаимодействия человека с окружающей средой. Понятие “ноосистема” кстати более отвечает современным научным подходам в системном анализе объективной реальности.

Современный подход к оценке понятия ноосферы имеет один важный ценностный аспект, поскольку представляет единство человека и природы в виде процесса - ноогенеза, ведущего к становлению единой системы “человек - природная среда”. Ноогенез - один из аспектов процесса становления родовой сущности человека, и его нельзя остановить, не отказываясь от актуализации и совершенствования потенциальных возможностей, заложенных в человеке как виде. Стремление к осуществлению своих целей в природе останется, по-видимому, главенствующим в определении человеком перспектив его взаимоотношений с природой с того момента, как он перешел от защиты своей видовой специфики к превращению ее в важный фактор формирования природной закономерности.

В некоторых аспектах концепция ноосферы напоминает некие “натурфилософские” построения и новомодные, и, кстати негативные по воздействию на психику людей, сайентистские утопии. Но становление ноосферы - возможность, и отнюдь не абсолютная необходимость. Ценность же концепции ноосферы в том, что она предлагает одну из вероятных конструктивных моделей будущего, а ограниченность заключается в том, что она рассматривает человека как прежде всего разумное существо, тогда как отдельные индивиды и тем более их сообщество (т.е. человеческое общество) в целом редко ведут себя по-настоящему и в полной мере разумно. Пока человечество движется отнюдь не к ноосфере...

**Некоторые принципы «новой экологии».** В 60-е годы XX столетия при обозначившихся негативных экологических тенденциях в окружающей среде сформировалось некое научное направление – «новая экология». Типичным представителем «новой» экологии является видный американский ученый Б. Коммонер. Именно им были сформулированы ставшие знаменитыми четыре «простых» закона «новой» экологии:

- «все связано со всем»;
- «все должно куда-то деваться»;
- «природа знает лучше»;
- «ничто не дается даром».



Внешняя простота и яркая форма этих законов снискали заслуженную популярность среди экологов и специалистов других направлений научного знания, но следует заметить, что не это является главным в «правилах Коммонера», а чрезвычайно высокая их содержательность и глубина.

*«Все связано со всем»*, как первое правило фиксирует большую сложность структурных и функциональных связей экологических систем любого ранга: локального, регионального и глобального; мы уже эту сложность рассмотрели достаточно подробно в данном учебнике. В частности, следует упомянуть о трансграничности переносов загрязнений в атмосфере, кислотные дожди редко выпадают над местом выброса диоксидов серы над котельными и ТЭЦ. При преобладающем северо-восточном атмосферном переносе в европейской части России, промышленные загрязнения атмосферы из индустриальных центральных регионов «перебрасываются» на тундровые сенсительные в экологическом отношении районы.

*«Все должно куда-то деваться»*, как второе правило, является по своей сути иным изложением фундаментального физического закона сохранения материи. Это правило определяет предельно допустимые границы загрязнения биосферы, которые заключают в себе ее гомеостазис. Собственно это правило является теоретическим обоснованием для разработки и установления системы ПДК, предельно допустимых концентраций, и ПДВ, предельно допустимых выбросов. При существующих возражениях против ПДК и ПДВ, - они пока являются, пожалуй, одними из немногих количественных экологических законодательно установленных показателей, позволяющих вести конкретную практическую природоохранную деятельность.

*«Природа знает лучше»* - третье правило – призывает к внимательному, бережному отношению к природе. Это относится, в частности, к реализации строительных проектов и является, по существу, обоснованием системы ОВОС – оценки воздействия на окружающую среду, и определяет необходимость обязательной подготовки ЗЭП – заявления об экологических последствиях при реализации проекта, в том числе и строительного.

В значительной мере это правило определяет необходимость тщательного изучения природной и техногенно-природной обстановки в проектах реконструкции зданий и сооружений, и в еще большей степени, при их ликвидации, а особенно, при рекультивационных работах. При ошибках в последних, негативные экологические последствия могут быть значительно большими, если бы рекультивация вообще не проводилась.

*«Ничто не дается даром»* - четвертое правило – описывает единство биосферы, ее целостность, закладывает основы понимания компенсаторных биосферных механизмов. В рамках этого, ничего не может быть выиграно или потеряно, а сама биосфера не может служить объектом всеобщего улучшения. Все, что извлечено из биосферы человеческой деятельностью, должно быть возмещено. Биосфера потребует оплаты, может быть после некоторой отсрочки.

В нынешних же условиях человечество живет «взаймы», по образному выражению Б. Небела, как «падающий с небоскреба человек»; жизнь продолжается до встречи с землей.

Принципы «новой экологии» - это база для создания принципов охраны окружающей среды, для прикладных, инженерных и иных разработок в этой области.

## Глава 26. Охрана окружающей среды (основные принципы)

При рассмотрении этого важнейшего направления экологической науки необходимо еще раз подчеркнуть, что охрана окружающей, в том числе, и природной среды представляет собой типичную инженерную научную дисциплину. Эта прикладная наука, которая на базе фундаментальных экологических знаний разрабатывает инженерные решения (инженерные мероприятия, инженерные сооружения и оборудование) в целях обеспечения возможности сохранения природой ресурсо- и средовоспроизводящих функций, генофонда, а также сохранение невозобновимых природных ресурсов. Кроме инженерного аспекта в систему охраны окружающей среды входят правовые, нормативные, административные, просветительские, образовательные мероприятия и действия на региональном, национальном и международном уровне.

Охрана природы возможна только и исключительно на основе экологических знаний. Природа – это весь материальный, энергетический и информационный мир Вселенной – универсум - совокупность естественных условий существования человеческого общества.

В понятие «охрана природы», входит не только естественная, но и преобразованная человеком среда (города, парки, сады, рекреационные комплексы, промышленные зоны и т.д.), т.е. вся окружающая среда как совокупность биотической, абиотической и социальной сред, природный и созданный человеком материальный мир (А.Н.Тетиор, 1992), последнее понимается иногда как «вторая природа».

В целом система также направлена на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей природной средой и, предупреждая прямое или косвенное влияние результатов деятельности общества на природу и здоровье человека.

Под понятием природопользование понимают научно-техническое направление, которое занимается разработкой теоретических проблем и практических решений в области рационального использования человеком природных ресурсов; это весьма активная сфера общественно-производственной деятельности, направленной на удовлетворение потребностей человечества в качестве и разнообразии окружающей среды, на улучшение использования естественных ресурсов биосферы. Выделяется, что вполне естественно, два типа природообразования: рациональное и нерациональное. Последнее ведет к истощению природных ресурсов, подрыву восстановительных сил биосферы – ее способности к самоподдержанию, снижению оздоровительных и эстетических качеств, то есть это система деятельности, не обеспечивающая сохранения природно-ресурсного потенциала природы.

Рациональное природопользование – это система деятельности, которое призвано обеспечить экономное использование природных ресурсов и их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося народного хозяйства и сохранения здоровья людей. На рис. показаны основные принципы рационального природопользования, Это изучение, охрана, освоение и преобразование (по Ю.К.Ефремову и др. 1981). Природопользование принимает различные формы в зависимости от типов природных ресурсов: исчерпаемых (энергетических, сырьевых, пищевых, генофонда) и ресурсов среды (условия труда, отдыха и здоровья). В понятие о рациональном освоении природных ресурсов и условий входит наиболее полное использование достоинств среды и экономическое получение энергии, сырья; целенаправленное преобразование рассчитано на умножение и обогащение природных ресурсов и на улучшение природных условий. Так, при использовании исчерпаемых и при этом невозобновимых (минеральных) ресурсов важны комплексность и экономичность добычи, сокращение отходов и т.п. Охрана ресурсов среды означает поддержание их качеств, благоприятных для ведения хозяйства, а преобразование – их улучшение (мелиорация, рекультивация земель и др.) (В.А.Вронский, 1996).

Природопользование и охрана природной среды это две стороны одной деятельности человека, в современных условиях развивающегося глобального экологического кризиса, при любых других

условиях первое становится угрозой для жизни человека, а второе – просто бессмысленным, так как природу, в частности живую, можно полностью уничтожить и охранять ее уже не нужно...

Важными принципами охраны природной среды является: профилактичность, т.е. ориентированность на предупреждение негативных последствий от различного воздействия при деятельности человека; комплексность, повсеместность, территориальная дифференцированность и научная экологическая обоснованность.

Главными проблемами охраны природной среды являются: охрана атмосферы и вод от загрязнения вредными веществами, охрана экосистем и ландшафтов, борьба с шумом, охрана недр и рациональное использование естественных ресурсов, обеспечение радиационной безопасности, сохранение биоразнообразия и генофонда растений, животных, микроорганизмов, глобальный мониторинг различных антропогенных воздействий, включая загрязнения и т.д.

Следует в этой связи вспомнить слова К.Паустовского о том, что надо охранять природу во всех ее видах. «Охранять прекрасный русский пейзаж – тот пейзаж, что сыграл и играет огромную роль в формировании характера русского народа, в том, что этот народ бесконечно талантлив и мужествен».

При охране природы речь прежде всего идет об охране здоровья и благосостояния человека, однако это отнюдь не означает, что до остальных живых существ – их здоровья и «благосостояния» нет дела. Мы уже отмечали, что сейчас антропоцентризм как основная идеология человечества заменяется биоцентризмом, т.е. во главу угла поставлена задача охраны всего живого на Земле.

Необходимость бережного отношения к природе, ее защиты понимали еще античные мыслители, да собственно, национальные традиции природопользования всех народов мира полностью отвечали этому принципу. Эпикур утверждал: «Не следует насиловать природу, следует повиноваться ей, необходимые желания выполняя, а также естественные, если они не вредят, а вредные – сурово подавляя». В.П.Журавлев (1995, с.311) пишет, что существовал подход Ф.Энгельса, который утверждал, что в отличие от животного, которое только пользуется внешней природой, человек... заставляя ее служить своим целям, господствуя над ней». Это вероятно послужило отправной точкой для широкого употребления в нашей стране в свое время мичуринско-лысенковского лозунга, оправдывавшего насилие над природой: «Нам нельзя ждать милостей от природы, взять у нее – наша задача». Но даже Ф.Энгельс разъясняет свои утверждения следующим образом, - «все наше господство над ней (природой) состоит в том, что мы в отличие от всех других существ, умеем познавать ее запасы и правильно их применять».

Правовая охрана окружающей природной среды заключается в создании, обосновании и применении нормативных актов, которыми определяются как объекты охраны, так и меры по ее обеспечению. Эти меры образуют экологическое право, регулирующее отношения между природой и обществом.

Считается, что первым актом природоохранного права был эдикт короля Эдуарда в XIII веке, запрещавший использование каменного угля для отопления жилищ в Лондоне. Российская история знает знаменитые указы Петра I об охране лесов, животного мира и т.д.

Но к сожалению никакие даже самые замечательные законодательные акты не могут быть реализованы без поддержания всего общества, которое до самого последнего времени было ориентировано на то, что у природы надо взять все, что возможно и как можно быстрее. Так собственно и произошло со всеми указами и эдиктами, декретами и законами. Далеко недостаточно как следует из многих описанных выше глобальных экологических моделей ограничить уровень производства, то есть уменьшить антропогенный натиск на окружающую среду. На нынешнем этапе на первое место выдвигается повышение экологической культуры общества, в том числе и правовой на базе знания естественнонаучных законов и по общей экологической грамотности, а затем и экологического образования, как неотъемлемой части любого образования.

В Декларации глобального форума в Рио-де-Жанейро в 1992 приведены как разделы «Повестки дня на XXI век» следующие основные принципы правового подхода к охране природы:

«...Принцип 11. Государствам следует ввести эффективное законодательство в области охраны окружающей среды. Нормы, связанные с охраной окружающей среды, выдвигаемые задачи и приоритеты должны отражать ситуацию в областях охраны окружающей среды и развития, в которой они будут реализовываться...

... Принцип 13. Государство должно разработать национальное законодательство, касающееся ответственности и компенсации тем, кто пострадал от загрязнений окружающей среды и другого экологического ущерба...»

Последний принцип сейчас активно используется в США и некоторых европейских странах в изложении: «загрязнивший платит». В США в отдельных штатах даже продается право на загрязнение окружающей среды, правда, купившие это право, предприниматели достаточно быстро стали понимать, что это далеко невыгодно. Выгода укладывается в соображение о том, что вложение средств в природоохранные части проектов весьма рентабельно, так как устранение последствий загрязнений, оказывается, всегда существенно дороже.

В настоящее время природоохранное законодательство в России в целом еще не представляет стройной системы. Отчасти это связано с условиями переходной экономики и общественным переустройством в нашей стране, несовершенством всей законодательной системы. Базовым законом экологической направленности является закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» от 3 марта 1992 года.

Этот закон сам по себе определяет главные принципы охраны окружающей среды и в целом весьма прогрессивен, но дело в том, что каждый базовый закон, носит характер «непрямого действия» и, как принято в нашей стране, сопровождается серией так называемых «подзаконных» актов, которые определяют конкретные механизмы реализации закона. Но это с этими актами дело обстоит далеко не просто, тем более, что Россия весьма разнообразна по региональным условиям, а это требует разработки нормативных актов на уровне субъектов федерации, не говоря уже нормативных документах отраслевого типа для устранения последствий воздействий того или иного производства и сельского хозяйства. Управление охраной окружающей природной среды является необходимой составной частью системы государственного управления, но она сможет стать эффективной лишь в случае, когда экологизация станет первоочередной задачей.

В этой связи следует особо отметить изданный 1 апреля 1996 года Указ Президента РФ №440 «О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» и Постановление Правительства Российской Федерации «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» №1081 от 13.09.96. Можно по-разному расценивать феномен устойчивого развития и его эффективность для стран постиндустриального типа, развивающихся и слаборазвитых, но прогрессивное начало принятых многими странами национальных правовых актов экологической направленности налицо. В какой степени скажется реализация Концепции устойчивого развития на Россию прогнозировать сложнее, чем для других стран, в связи с наличием условий переходной экономики и значительных экономических и финансовых проблем.

Конкретизация положений законов осуществляется как мы уже отмечали на основе «подзаконных» нормативных актов, к числу которых относятся, в частности, Государственные Стандарты (ГОСТы), в которых излагаются четкие требования к оценке различных явлений, воздействий, загрязнений, что обеспечивает единый подход к решению проблем по охране природы. Система стандартов в этом направлении должна быть исключительно взаимосвязанной, хотя бы, исходя из того, что регламентируемые стандартами «объекты» по своей специфике взаимосвязаны и существенно влияют друг на друга.

Большое значение в охране природной среды имеет грамотное осуществление строительного производства, которое, как пишет А.Н.Тетиор (1992, с.24-25) играет основную роль в

преобразовании естественных ландшафтов при градостроительстве, при возведении различных инженерных сооружений, а также при производстве строительных материалов и изделий, при утилизации строительных отходов. Основные задачи охраны природы для инженера – строительства – изыскателя, проектировщика, производственника, эксплуатационника:

- назначение архитектурно-градостроительных, планировочных, конструктивных и технологических решений зданий и сооружений с исключением негативных воздействий на естественную и даже на видоизмененную техногенную среду на базе знания основных экологических законов;
- сохранение естественного рельефа, почвы, озеленение всех поверхностей, как нарушенных строительством, так и собственно, зданий и сооружений, использование биопозитивных решений, в том числе и таких, которых способны очищать природную среду;
- снижение материалоемкости и утилизация отходов для сохранения минерально-сырьевых ресурсов; снижение энергопотребления и исключение тепловых потерь для экономии энергоресурсов; использование естественных или близких по свойствам материалов (дерево, естественный камень и т.п.) для обеспечения высокого качества жизни и комфорта для человека;
- исследования, разработки в области создания экологических, биопозитивных и энергосберегающих зданий и сооружений, нормативной базы (Строительных норм и правил – СНиП; территориальных (региональных) строительных норм – ТСН (РСН); ведомственных строительных норм – ВСН; государственных стандартов – ГОСТ; сертификатов и т.п.) и мероприятий природосберегающему строительству, по рациональному природопользованию, воспроизводству и охране природных ресурсов, защите природы от загрязнения при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений;
- проведение постоянного эколого-экономического мониторинга с целью выявления мест и источников загрязнений среды и принятия своевременных решений по охране природы.

Реализация этих задач может быть осуществлена, исходя из основных положений экологического строительства, под которым понимается совокупность методов, связанных с принятием и реализацией инженерных решений по строительству зданий, сооружений и их комплексов, максимально совместимых с окружающей природной и социальной средой. В соответствии с проблематикой строительной экологии, методы экологического строительства могут быть сгруппированы по следующим направлениям принятия строительных решений:

- 1) землепользование: проектирование систем расселения с учетом рационального взаимодействия человека и природы (урбоэкология); уменьшение или исключение отторгаемых, в процессе строительства объекта, земель; возвращение (рекультивация) земель в естественное состояние после окончания срока эксплуатации; уменьшение устройства непроницаемых экранов на поверхности и ниже поверхности земли (бетонные, асфальтовые и другие покрытия); рациональная организация свалок, мест хранения и депонирования жидких и твердых отходов строительной деятельности; очистка сточных вод;
- 2) архитектурно-планировочное: использование рельефа и ландшафта; масштабирование зданий и сооружений адекватно местности; использование естественных источников света, солнечной энергии, направления ветра; визуальное восприятие здания, его элементов, цвета, особенностей отделки и др. (видеоэкология); системный подход к озеленению жилых массивов и промышленных зон; сохранение памятников истории, архитектуры и природы;
- 3) конструктивное: конструкции экологических зданий (использование тепловой энергии от возобновляемых источников в жизнедеятельности здания, безотходность, утилизация отходов и сточных вод, чистые строительные материалы и др.); гибкие конструктивно-технологические решения, позволяющие резко снизить расход ресурсов при изменении назначения здания, его модернизации или ликвидации; биопозитивные конструктивные решения, связанные с рациональным землепользованием;

4) технологическое: рационализация размеров строительной площадки; уменьшение объемов переработки грунта при устройстве подземной части зданий и сооружений; сохранение растительного слоя грунта; защита грунтовых вод от загрязнения; уменьшение динамических воздействий на грунт (ударные методы, вибрационное воздействие, взрыв, тяжелое трамбование); уменьшение применения технологий, связанных с устройством противофильтрационных завес, экранов, стен; ограничение применения технологий, дающих большое количество отходов строительных материалов; развитие безотходных технологий.

Современное состояние развития строительной науки показывает, что внутри нее выделилось вполне отчетливая тенденция к тому, чтобы при рассмотрении как теоретических, так и технических задач обязательным является применение экологических граничных условий. Только при этом условии возможно снижение негативного пресса строительства на окружающую среду. Это тем более важно при огромных масштабах этого средообразующего вида человеческой деятельности.

Как отмечает А.А.Горелов (1996) корни экологических трудностей связаны с разрывом между науками, неравномерностью их развития, что определяется как внутренней спецификой науки, так и влиянием общественных потребностей. Науке не хватает гибкости, которая свойственна биосфере. Неравномерное развитие науки на фоне громадного увеличения общего количества знаний и является одной из причин того, что противоречия между возможностью человека внести изменения в природную среду и пониманием последствий этого изменения не затухают, а наоборот обостряются.

Современный этап взаимоотношений общества и природы характеризуется тем, что одно кардинальное открытие в какой-либо продвинувшейся области знаний и последующее практическое его использование способны оказать небывало мощное воздействие на всю планету в целом, а не только на ее отдельные части. В этих условиях огромное значение приобретает тесный контакт между фундаментальными науками физико-химического цикла, техническими (и строительными!) науками и науками, исследующими как всю биосферу, так и отдельные ее элементы. Однако пока нет такой связи между науками о Земле, о живом веществе и науками, которые разрабатывают пути преобразования природной среды в целях обеспечения потребностей человека. К началу XX века технические науки базирясь на физико-химические, развивались обособленно от наук о природной среде. В первой трети XX века человечество пережило активный строительный бум и приступило к осуществлению гигантских проектов преобразования природной среды и ему потребовалось огромное количество фактических естественнонаучных данных для создания сложнейших строительных систем и их надежного функционирования. Это послужило причиной согласования данных физики, химии, геологии, биологии и прикладных наук, но при этом науки о природной среде все равно играли подчиненную «обслуживающую» роль, поскольку они обеспечивали данные для осуществления строительного (и любого масштабного технического) проекта.

В современной экологической ситуации необходимо не просто усиление связи между техническими и строительными, в частности, науками, физикой, химией и постепенный выход на первый план наук о природной среде, и, что немаловажно в связи с социальными и экономическими науками. Представляется, что в условиях глобального экологического кризиса необходим не просто синтез наук, не какая-нибудь современная «натурфилософия», а коэволюционное развитие наук. Это диктуется необходимостью, чтобы все отрасли науки, включая общественные, выступали в деле определения перспектив преобразования нашей планеты в качестве равноправных партнеров.

## Глава 27. Некоторые важные для экологии законы и принципы (по А.А. Горелову, Экология М. Изд-во Центр 1998, с.32-39)

Среди законов природы встречаются обычные в науке законы детерминистского типа, которые жестко регулируют взаимоотношения между компонентами экосистемы, но большинство представляет собой законы как тенденции, которые действуют не во всех случаях. Они напоминают в каком-то смысле юридические законы, которые не препятствуют развитию общества, если нарушаются изредка некоторым числом людей, но мешают нормальному развитию, если нарушения становятся массовыми. Есть и законы-афоризмы, которые можно отнести к типу законов как ограничений разнообразия.

1. Закон эмерджентности: целое всегда имеет особые свойства, отсутствующие у его частей.

2. Закон необходимого разнообразия: система не может состоять из абсолютно идентичных элементов, но может иметь иерархическую организацию и интегративные уровни.

3. Закон необратимости эволюции: организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, осуществленному в ряду его предков.

4. Закон усложнения организации: историческое развитие живых организмов приводит к усложнению их организации путем дифференциации органов и функций.

5. Биогенный закон (Э.Геккель): онтогенез организма есть краткое повторение филогенеза данного вида, т.е. индивид в своем развитии повторяет сокращенно историческое развитие своего вида.

6. Закон неравномерности развития частей системы: система одного уровня развивается не строго синхронно - в то время, как один достигает более высокой стадии развития, другие остаются в менее развитом состоянии. Этот закон непосредственно связан с законом необходимого разнообразия.

7. Закон сохранения жизни: жизнь может существовать только в процессе движения через живое тело потока веществ, энергии, информации.

8. Принцип сохранения упорядоченности (И.Пригожин): в открытых системах энтропия не возрастает, а уменьшается до тех пор, пока не достигается минимальная постоянная величина, всегда большая нуля.

9. Принцип Ле Шателье - Брауна: при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется. Этот принцип в рамках биосферы нарушается современным человеком. "Если в конце прошлого века еще происходило увеличение биологической продуктивности и биомассы в ответ на возрастание концентрации углекислого газа в атмосфере, то с начала нашего века углекислый газ, а биомасса ее автоматически снижается" (Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества: концептуальная экология. - с.55).

10. Принцип экономии энергии (Л.Онсагер): при вероятности развития процесса в некотором множестве направлений, допускаемых началами термодинамики, реализуется то, которое обеспечивает минимум рассеивания энергии.

11. Закон максимизации энергии и информации: наилучшими шансами на самосохранение обладает система, в наибольшей степени способствующая поступлению, выработке и эффективному использованию энергии и информации; максимальное поступление вещества не гарантирует системе успеха в конкурентной борьбе.

12. Переодический закон географической зональности А.А.Григорьева - М.М.Будыко: со сменой физико-географических поясов Земли аналогичные ландшафтные зоны и некоторые общие свойства переодически повторяются, т.е. в каждом поясе - субарктическом, умеренном, субтропическом, тропическом и экваториальном - происходит смена зон по схеме: леса - степи - пустыни.

13. Закон развития системы за счет окружающей среды: любая система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды; абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

14. Принцип преломления действующего фактора в иерархии систем: фактор, действующий на систему, преломляется через всю иерархию ее подсистем. В силу наличия в системе “фильтров” данный фактор либо ослабляется, либо усиливается.

15. Правило затухания процессов: с увеличением степени равновесности с окружающей средой или внутреннего гомеостаза (в случае изолированности системы) динамические процессы в системе затухают.

16. Закон физико-химического единства живого вещества В.И.Вернадского: все живое вещество Земли физико-химически едино, что не исключает биохимических различий.

17. Термодинамическое правило Вант-Гоффа - Аррениуса: подъем температуры на 10°C приводит к 2-3 -кратному ускорению химических процессов. Отсюда опасность повышения температуры вследствие хозяйственной деятельности современного человека.

18. Правило Шредингера “о питании” организма отрицательной энтропией: упорядоченность организма выше окружающей среды и организм отдает в эту среду больше неупорядоченности, чем получает. Это правило соотносится с принципом сохранения упорядоченности Пригожина.

19. Правило ускорения эволюции: с ростом сложности организации биосистем продолжительность существования вида в среднем сокращается, а темпы эволюции возрастают. Средняя продолжительность существования вида птиц - 2 млн лет, вида млекопитающих - 800 тысяч лет. Число вымерших видов птиц и млекопитающих в сравнении со всем их количеством велико.

20. Принцип генетической преадаптации: способность к приспособлению у организмов заложена изначально и обусловлена практической неисчерпаемостью генетического кода. В генетическом многообразии всегда находятся необходимые для адаптации варианты.

21. Правило происхождения новых видов от неспециализированных предков: новые крупные группы организмов берут начало не от специализированных представителей предков, а от их сравнительно неспециализированных групп.

22. Принцип дивергенции Ч.Дарвина: филогенез любой группы сопровождается разделением ее на ряд филогенетических стволов, которые расходятся в разных адаптивных направлениях от среднего исходного состояния.

23. Принцип прогрессирующей специализации: группа, вступающая на путь специализации, как правило, в дальнейшем развитии будет идти по пути все более глубокой специализации.

24. Правило более высоких шансов вымирания глубоко специализированных форм (О.Марш): быстрее вымирают все специализированные формы, генетические резервы которых для дальнейшей адаптации снижены.

25. Закон увеличения размеров (роста) и веса (массы) организмов в филогенетической ветви. В.И.Вернадский так сформулировал этот закон: “По мере хода геологического времени выживающие формы увеличивают свои размеры (а следовательно, и вес) и затем вымирают”. Происходит это оттого, что чем мельче особи, тем труднее им противостоять процессам энтропии (ведущим к равномерному распределению энергии), закономерно организовать энергетические потоки для осуществления жизненных функций. Эволюционно размер особей поэтому увеличивается (хотя и является очень стойким морфофизиологическим явлением в коротком интервале времени)” (Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества: концептуальная экология).

26. Аксиома адаптированности Ч.Дарвина: каждый вид адаптирован к строго определенной, специфичной для него совокупности условий существования.

27. Экологическое правило С.С.Шварца: каждое изменение условий существования прямо или косвенно вызывает соответствующие перемены в способах реализации энергетического баланса организма.

28. Закон относительной независимости адаптации: высокая адаптивность к одному из экологических факторов не дает такой же степени приспособления к другим условиям жизни (наоборот, она может ограничивать эти возможности в силу физиолого-морфологических особенностей организмов).



29. Закон единства “организм - среда”: жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов.

30. Правило соответствия условий среды генетической предопределенности организма: вид может существовать до тех пор и постольку, поскольку окружающая его среда соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям и изменениям.

31. Закон максимума биогенной энергии (энтропии) В.И.Вернадского - Э.С.Бауэра: любая биологическая или биокосная система, находясь в динамическом равновесии с окружающей средой и эволюционно развиваясь, увеличивает свое воздействие на среду, если этому не препятствуют внешние факторы.

32. Закон давления среды жизни, или ограниченного роста (Ч.Дарвин): имеются ограничения, препятствующие тому, чтобы потомство одной пары особей, размножаясь в геометрической прогрессии, заполнило весь земной шар.

33. Принцип минимального размера популяций: существует минимальный размер популяции, ниже которого ее численность не может опускаться.

34. Правило представительства рода одним видом: в однородных условиях и на ограниченной территории таксономический род, как правило, представлен только одним видом. Повидимому, это связано с близостью экологических ниш одного рода.

35. Правило А.Уоллеса: по мере продвижения с севера на юг видовое разнообразие увеличивается. Причина в том, что северные биоценозы исторически моложе и находятся в условиях меньшего поступления энергии Солнца.

36. Закон обеднения живого вещества в островных его сгущениях (Г.Ф.Хильми): “индивидуальная система, работающая в... среде с уровнем организации более низким, чем уровень самой системы, обречена: постепенно теряя структуру, система через некоторое время растворится в окружающей... среде” (Хильми Г.Ф. Основы физики биосферы. -Л., 1966. - с.272). Из этого следует важный вывод для человеческой природоохранной деятельности: искусственное сохранение экосистем малого размера (на ограниченной территории, например, заповедника) ведет к их постепенной деструкции и не обеспечивает сохранения видов и сообществ.

37. Закон пирамиды энергий (Р.Линдеман): с одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой, более высокий уровень в среднем около 10% поступившей на предыдущий уровень энергии. Обратный поток с более высоких на более низкие уровни намного слабее - не более 0,5%-0,25% и поэтому говорить о круговороте энергии в биоценозе не приходится.

38. Правило биологического усиления: при переходе на более высокий уровень экологической пирамиды накопление ряда веществ, в том числе токсичных и радиоактивных, увеличивается примерно в такой же пропорции.

39. Правило экологического дублирования: исчезнувший или уничтоженный вид в рамках одного уровня экологической пирамиды заменяет другой, аналогичный по схеме: мелкий сменяет крупный, ниже организованный более высоким организованным, более генетически лабильный и мутабельный менее генетически изменчивого. Особи измельчаются, но общее количество биомассы и продукции с единицы площади, какую способны дать саранча и еще более мелкие беспозвоночные.

40. Правило биоценотической надежности: надежность биоценоза от его энергетической эффективности в данных условиях среды и возможности структурно-функциональной перестройки в ответ на изменение внешних воздействий.

41. Правило обязательности заполнения экологических ниш: пустующая экологическая ниша всегда и обязательно бывает естественно заполнена (“природа не терпит пустоты”).

42. Правило экотонпа, или краевого эффекта: на стыках биоценозов увеличивается число видов и особей в них, так как возрастает число экологических ниш из-за возникновения на стыках новых системных свойств.

43. Правило взаимоприспособленности организмов в биоценозе К.Мебиуса - Г.Ф.Морозова: виды в биоценозе приспособлены друг к другу настолько, что их сообщество составляет внутреннее противоречивое, но единое и взаимоувязанное целое.

44. Принцип формирования экосистемы: длительное существование организмов возможно лишь в рамках экологических систем, где их компоненты и элементы дополняют друг друга и взаимно приспособлены.

45. Закон сукцессионного замедления: процессы, идущие в зрелых равновесных экосистемах, находящихся в устойчивом состоянии, как правило, проявляют тенденцию к снижению темпов.

46. Правило максимума энергии поддержания зрелой системы: сукцессия идет в направлении фундаментального сдвига потока энергии в сторону увеличения ее количества, направленного на поддержание системы.

47. Закон исторического саморазвития биосистем (Э.У. Бауэр): развитие биологических систем есть результат увеличения их внешней работы - воздействия этих систем на окружающую среду.

48. Правило константности числа видов в биосфере: число появляющихся видов в среднем равно числу вымерших, и общее видовое разнообразие в биосфере есть константа. Это правило справедливо для сформировавшейся биосферы.

49. Правило множественности экосистем: множественность конкурентно-взаимодействующих экосистем обязательна для поддержания надежности биосферы.

Из этих экологических законов следуют выводы, справедливые для системы "человек - природная среда". Они относятся к типу закона как ограничения разнообразия, т.е. накладывают ограничения на природообразовательную деятельность человека.

1. Правило исторического роста продукции за счет сукцессионного омоложения экосистем. Это правило, по существу, следует из основного закона экологии, и сейчас уже перестает работать, так как человек взял таким образом от природы все, что мог.

2. Закон бумеранга: все, что извлечено из биосферы человеческим трудом, должно быть возвращено ей.

3. Закон незаменимости биосферы: биосферу нельзя заменить искусственной средой, как, скажем, нельзя создать новые виды жизни. Человек не может построить вечный двигатель, в то время, как биосфера и есть практически "вечный" двигатель.

4. Закон убывающего естественного плодородия: "в связи с постоянными изъятиями урожая, а потому органики и химических элементов из почвы, нарушение естественных процессов почвообразования, а также при длительной монокультуре в результате накопления токсичных веществ, выделяемых растениями (самоотравление почв), на культивируемых землях происходит снижение естественного плодородия почв... к настоящему времени примерно половина пахотных угодий мира в различной степени потеряла плодородие, а полностью выбыло из интенсивного сельскохозяйственного оборота столько же земель, сколько сейчас обрабатывается (в 80-е гг. терялось около 7 млн га в год)" (Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества: концептуальная экология. - с.160-161). Второе толкование закона убывающего естественного плодородия: каждое последующее прибавление какого-либо полезного для организма фактора дает меньший эффект, чем результат, полученный от предшествующей дозы того же фактора.

5. Закон шагреновой кожи: глобальный исходный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается. Это следует из того, что никаких принципиально новых ресурсов, которые могли бы появиться в настоящее время нет. "Для жизни каждого человека в год необходимо 200 т твердых веществ, которые он с помощью 800 т воды и в среднем 1000 Вт энергии превращает в полезный для себя продукт" (там же. - с.163). Все это человек берет из уже имеющегося в природе.

6. Принцип неполноты информации: информация при проведении акций по преобразованию и вообще любому изменению природы всегда недостаточна для априорного суждения о всех возможных результатах таких действий, особенно в далекой перспективе, когда разовьются все природные цепные реакции" (там же. - с.168).

7. Принцип обманчивого благополучия: первые успехи в осуществлении цели, ради которой и был задуман проект, создают атмосферу благодушия и заставляют забыть о возможных отрицательных последствиях, которых никто не ждет.

8. Принцип удаленности события: потомки что-нибудь придумают для предотвращения возможных отрицательных последствий.

Вопрос о том, насколько законы экологии можно переносить на взаимоотношения человека с окружающей средой, остается открытым, так как человек отличается от всех других видов. Например, у большинства видов скорость роста популяции уменьшается с увеличением ее плотности; у человека, наоборот, рост населения в этом случае ускоряется. Стало быть некоторые регулирующие механизмы природы отсутствуют у человека, и это может служить дополнительным поводом для технологического оптимизма у одних, а для экологических пессимистов свидетельствовать об опасности такой катастрофы, которая невозможна ни для одного иного вида.

## Раздел VI. Охрана природной среды.

### Охрана природной среды как общечеловеческая задача.

Последние десятилетия XX века ознаменовались стремительным ростом численности населения Земли (уже сейчас оно превышает 6 млрд. чел.) и его научно-технической вооруженностью. Все это вместе взятое создало невиданное до сего времени активное антропогенное воздействие на биосферу, выразившееся, прежде всего в том, что масштабы антропогенных и естественных факторов влияния на среду стали сопоставимыми, и в этом сбылось предсказание В.И. Вернадского, что человеческая деятельность превратилась в геологический фактор. Геологические процессы, сформировавшие нашу планету, построившие ее, создавшие геологические структуры, породы, ландшафты и внешний облик, неизмеримо медленнее по своим темпам, чем мощная строительная деятельность последних двухсот лет, когда за считанные годы, месяцы, дни (и даже минуты: взрывом построена плотина в Медео) человек создает города, как техногенные горные системы; водохранилища, как техногенные моря и озера; каналы как техногенные реки; терриконы вскрышной породы, как техногенные холмы; добывает руду, уголь, нефть сродни вулканам; сельскохозяйственная деятельность стала соизмеримой по масштабам с денудационными процессами, с выветриванием, с площадной эрозией, дефляцией, но осуществляется она в сотни, в тысячи раз быстрее, чем в природе на протяжении всей геологической истории.

Строительство – один из самых мощных видов производственной деятельности XX века, превратилось в природообразующий, (“средодеформирующий”) фактор. Изменяемая при строительстве геологическая среда оказывает значительное влияние на протекание процессов в сложившемся круговороте вещества, энергии и информации в биосфере, зачастую дестабилизируя круговоротные процессы. Кроме того, повсеместное загрязнение окружающей нас среды разнообразными веществами, зачастую не имеющими природных аналогов и, подчас, совершенно чуждыми для нормального существования живых организмов представляет серьезную опасность для нынешнего и будущих поколений человека на Земле. Налицо наличие глобального экологического кризиса, и перед биосферой дилемма довольно проста в своем решении: биосфера сможет справиться с кризисом через несколько десятков тысяч лет, но без человека и человечества, а это для нас практического смысла не имеет. Практическим смыслом выхода из кризиса для человека является сохранение природной среды, адекватной по своим экологическим условиям для сохранения биосферы в целом, и с человечеством, в частности. Для этого необходимо решение ряда проблем, многие из которых не нашли еще даже теоретических решений: многие – технологически сложны, многие – экономически невыгодны, а, главное, большинство этих проблем человеческим разумом неосознанны. Тем не менее, мировым сообществом выработаны некие модели развития на ближайшую и отдаленную перспективу, одной из которых является “Концепция устойчивого (поддерживающего)<sup>\*)</sup> развития”, обусловленная согласием, несмотря на серьезные

---

<sup>\*)</sup> sustainable (англ.)- поддерживающее в более точном переводе, чем устойчивое; тем более устойчивое развитие возможно только после того, как что-то разрушенное восстановилось, развитие было поддержано, что в общем-то, сейчас и требуется для нынешнего состояния биосферы

критические выражения, подавляющего большинства государств мира в Рио-де-Жанейро в 1992 году.

Современная кризисная экологическая ситуация в своем разрешении, в том числе и в рамках “поддерживающего” (устойчивого) развития требует экологизации многих сфер человеческой деятельности и, в частности, строительства как чрезвычайно мощного фактора воздействия на природную среду. Необходимо учитывать, что строительство свое воздействие будет наращивать в связи с ростом общей численности населения Земли и в связи с нарастающей урбанизацией (уже сейчас почти 60% населения живет в городах). Кроме того, проявилась тенденция к созданию мегаполисов и промышленных зон большой территории. Следует иметь в виду, что строительная экспансия не обязательно будет связана с новым строительством и освоением новых территорий, но все больше будет направлена на реконструкцию имеющихся поселений и промышленных комплексов и будет активно осваивать подземное пространство. При этом существенно возрастают роль инженера-геолога и роль инженера-строителя, обладающего геологическими знаниями. Это связано с тем, что в условиях реконструкции существующих сооружений им придется использовать уже измененную под их воздействием геологическую среду, а также проектировать и возводить (“переделывать”) здания в условиях влияния других зданий при имеющейся плотной городской застройке. При этом необходимо учитывать нарастание требований по обеспечению безопасности и надежности сооружений даже при возможно мощных природных и техногенных чрезвычайных ситуациях, так как при росте численности Земли все чаще будет необходимо использовать под строительство сложное в геолого-климатическом отношении территории. Кроме того, человек все более “привыкает” к жизни и работе в комфортных условиях, во все большей коммуникационной “атмосфере”, что определяет необходимость улучшения качества зданий и сооружений, формирующего, в свою очередь, качество жизни человека. И при всем при этом, главнейшим требованием остается на ближайшую перспективу снижение техногенного натиска на биосферу, сохранение биоразнообразия, устранение загрязнений и т.д.

С позиций инженерной геологии это повышает требования к результатам ее исследований и, в определенной мере, экологизирует ее как науку.

#### Козволюция инженерной геологии и геоэкологии.

Рассматриваемая проблема коэволюции инженерной геологии и геоэкологии имеет, на наш взгляд, вполне определенное значение, обусловленное новым этапом в развитии геологических и экологических науках.

Обратимся к ставшему классическим определению Е.М. Сергеева, трактующему “Инженерную геологию” как науку о рациональном использовании и охране геологической среды от вредных для человека и природы процессов и явлений. Это определение, высказанное более 20 лет тому назад, во многом предопределило экологизацию, наверное, самой “инженерной” из всех геологических дисциплин науки. Данная экологизация, заложенная в “природоохранной” части определения, сыграла роль “установки”, как говорят психологи, на все последующее развитие инженерной геологии. При этом, не следует забывать о том, что и вся предыдущая история инженерной геологии имела вполне определенные экологические корни. Да, собственно, и возникновение инженерной геологии обусловлено вполне экологическим фактором, а именно – строительством, и точнее требованиями строителей об обеспечении их необходимыми для расчетов фундаментов сведениями о прочности и деформируемости подстилающих грунтов, то есть, характеристиками абиотической составляющей вновь создаваемой антропогенной экосистемы. Так что, встречающееся иногда вульгарное определение инженерной геологии, как геологии на службе у строителей, в общем-то, достаточно точное. А если это так, то строительство, будучи чрезвычайным экологическим фактором, предопределило инженерную геологию как науку экологического цикла. Оценивая предмет инженерной геологии, а именно, геологическую среду, Г.К. Бондарик пишет: “С учетом вопросов и проблем, решаемых инженерной геологией, объектом ее исследований следует считать геологическую среду, ее свойства и также происходящие в ней процессы, которые учитываются при осуществлении настоящей и планируемой деятельности человека”. Инженерно-геологические представления, в настоящее время, являются несколько более широкими, нежели

они были лет 30-40 тому назад. В то время, в силу чрезвычайности активно развивающегося строительства, вызванного, в свою очередь, активизацией научно-технического прогресса, особого значения последствиям, особенно негативного характера, строительной экспансии не уделялось. Главной задачей было – обеспечить строителя-проектировщика, конструктора достоверной информацией, прежде всего, о несущей способности грунтов и о подземных водах, которые могли бы осложнить производство работ. Инженеры-геологи достигли блестящих результатов, они выстроили теоретическую базу, а на ней создали высокопродуктивную систему инженерно-геологических изысканий со всей присущей производству инфраструктурой – от оборудования, приборов до методик, стандартов и подготовленных кадров.

Главными предметами, точнее объектами, которые изучались инструментально, были грунты, их свойства и изменение этих свойств во взаимодействии с сооружением, а затем, все более и более инженерно-геологические процессы, иными словами, инженерная геология постепенно переходит от изучения объектов в статике – статических систем – к изучению динамических геологических систем во взаимодействии со строительными системами. Здесь уместно остановиться на определении понятия “строительная система”. Под “строительной системой” мы понимаем здания, сооружения и их комплексы с инфраструктурой инженерных сетей, обеспечивающих их функционирование, а также сосредоточенные в них технологии. В большинстве случаев строительная система служит оболочкой, отделяющей техногенную и природную среду, в которой осуществляется жизнедеятельность. Строительная система – совокупность всех этапов инвестиционно-строительного процесса проекта и его участников, имеющая объектно-правовую направленность и реализуемая в условиях воздействия конкретных факторов внешней среды. Вытекающие из данного определения воздействия на окружающую среду имеют вполне четкую направленность на такую важную ее составляющую, которой является геологическая среда, на ее компоненты. Устойчивость строительной системы, иными словами ее надежность, и, в конечном виде, безопасность для человека определяется в конечном итоге, качеством взаимодействия системы с геологической средой. Изменяемость геологической среды, во многом – это те геологические процессы, которые должны быть учтены при создании строительной системы, с одной стороны в значительной мере усложняет эту задачу строителю, а с другой – “провоцирует” дальнейшее свое развитие уже под воздействием созданной строительной системы. Налицо возникает новая общность: “динамическая геологическая система – строительная система”.

Такая общность в некоторой степени на уровне инженерных задач описывается понятием природно-техногенная система (ПТС), которая рядом специалистов рассматривается как некоторая экосистема. В пользу отнесения к экосистемам, в первую очередь, говорит наличие в ней таких биотических факторов и как человек, и как обитающие в природной составляющей ПТС представители флоры, фауны, микроорганизмов. Вновь созданные такого рода антропогенные экосистемы для обеспечения гомеостаза требуют нарастающего управляющего действия человека. Это нарастание всегда чревато, за счет глубокого проникновения, постепенным угнетением природных компонент среды. Так что, для сохранения природной составляющей, для оптимизации гомеостаза экосистемы следует снизить антропогенный натиск. Одним из снижающих натиск факторов является оптимальное проектное решение и реализация “строительной системы”. Опыт строительства показывает, что экологично-оптимальное решение во многом связано с грамотным использованием особенностей геологической среды, их динамикой, в том числе и при взаимодействии со строительной системой на всем периоде ее эксплуатации.

Функционирование ПТС как модификации общности “динамическая геологическая экосистема – строительная система”, как открытой экологической экосистемы на данном этапе невозможно, в силу высказанных выше соображений об управляющей роли человека в ее гомеостазе. Однако акад. В.И. Осипов считает, что изучение направленности процессов энергообмена в ПТС позволяет оптимизировать управляющие факторы ее гомеостаза, а это путь к повышению открытости, приближения к функционированию природных экосистем, к экологизации строительства.

Рассмотренные экологические аспекты взаимодействия строительства и геологической среды приводят к заключению о необходимости комплексного рассмотрения системы “сооружение – окружающая среда”, и это в значительной мере предопределило формулирование экологической

проблематики в геологии. Е.А. Козловский в 1989 году назвал это новое научное направление геоэкологией. Как пишет В.Т. Трофимов, функциональной единицей по Е.А. Козловскому является “геоэкологическая система”, включающая в себя: растительность, живые организмы (в т.ч. человека), геологическую среду и техногенно-хозяйственные объекты. В.Т. Трофимов отмечает, что автор данного научного направления основной задачей геоэкологии считает изучение и оценку изменений геологической среды в результате хозяйственной деятельности, в т.ч. ее техногенного загрязнения, в неразрывной связи с загрязнением других компонентов природной среды. Данное определение очень близко по своему смыслу к рассмотренному выше представлению о современном этапе развития инженерной геологии. Кстати, в разработках К.И. Сычева говорится о том, что предметом геоэкологии являются знания не только о состоянии геологической среды и всех ее компонентов в отдельности, но и происходящих в них процессах. В.Т. Трофимов считает, что в данном случае имеется высокая близость между “геоэкологическими” и “природно-техническими” системами.

В.Г. Трофимов в своих последних работах весьма глубоко рассмотрел историю развития проблем эволюции в геологических науках и обоснованно пришел к выводу о формировании нового этапа в предмете Инженерной геологии, а именно, переход к исследованиям эволюции инженерно-геологических условий Земли в современную эпоху. Обобщенная характеристика современного этапа, как известно, определяется понятием техногенеза. Техногенез обычно и в первую очередь отождествляется с горнорудной промышленностью, в значительной мере со строительством и отчасти с сильным хозяйством. При этом, весьма активно используются данные, например, Г.И. Хазанова, А.П. Лисицына, С.А. Федотова, В.Г. Трофимова по сопоставлению объемов формирования извлекаемых полезных ископаемых и вмещающих пород в сравнении с объемами формирования вулканогенных пород ( $60\text{км}^3$  и  $16\text{км}^3$  соответственно), а также сравнение объема твердого стока рек Земли ( $\approx 13\text{км}^3$ ) и объемов ежегодно формирующихся техногенных грунтов ( $\approx 43\text{км}^3$ ). Эти данные весьма впечатляющи, но это данные только в оценках последних 2-3х столетий, когда в полной мере реализуется техногенез. Данные отнесены к одному году, но, даже если их распространить на 200-300 лет, то в целом они, конечно, превышают и объемы, и главное, темпы формирования естественных грунтов. Но эти сроки ничтожно малы в геологическом времени, и экстраполировать их дальнейшее нарастание вряд ли имеет смысл, так как человек уже осознал пагубность такого своего воздействия на геологическую среду и уже пытается темпы “технического” природообразования во всяком случае замедлить. Тем не менее, если к указанным выше объемам техногенных грунтов присовокупить измененные строительством, перемещенные и сельскохозяйственно использованные грунты, то в объемном выражении деятельность человека оправдывает высказанную В.И. Вернадским мысль о соизмеримости ее с главнейшими геологическими процессами, пусть даже протекающими на кратчайшем отрезке геологического времени. (Но, кстати сказать, человек и живет в этом отрезке!). Рассмотрение техногенеза исключительно как породобразующего фактора, а строительства как части техногенеза, в виде орогенеза и (или) денудации может в определенной мере быть соотнесено с эволюцией инженерно-геологических условий. Здесь уместно напомнить, что кроме всего прочего, идут активные процессы внедрения продуктов человеческой деятельности в виде вульгарных загрязнений и более “мягким” путем во все геосферы. На наш взгляд, в настоящее время эволюция инженерно-геологических условий теснейшим образом связана с воздействиями изменяющихся атмосферы, гидросферы и биосферы. Взаимодействие всех геосфер в условиях техногенеза настолько тесное, что вполне уместно говорить о их “соразвитии” или “коэволюции”. Создаваемая природно-техногенная система пока не развивается коэволюционно с природными геосферами, и в этом причина экологического кризиса. Изучение коэволюционных изменений в природной среде под воздействием человека и измененных природных условий (как коакций) на человека, в общем, и есть задача геоэкологии. В то же время, носитель всех геосфер – геологическая среда реагирует на человека, и его деятельность через инженерно-геологические объекты, и человек базируется на геологической среде в виде природно-техногенных (и строительных) систем исключительно через инженерно-геологические взаимодействия.

В.И. Осипов считает, что объектом геоэкологии являются все геосферные оболочки Земли, что на наш взгляд, является правомерным, так как при рассмотрении “строительной системы” необходимо учитывать ее взаимодействие не только с геологической средой. В.И. Осипов, рассматривая предмет геоэкологии, по существу расширяет определение Е.М. Сергеева об инженерной геологии, переводя взаимодействия человека от исключительно с геологической средой к взаимодействию со всеми геосферами, их рациональному использованию и защите человека от нежелательных процессов и явлений. Если вслед за В.Т. Трофимовым рассмотреть работы других специалистов, например, В.Н. Островского и Л.А. Островского, но взглянуть на них с позиций нашего представления, то окажется, что и в этих работах геоэкология рассматривается как междисциплинарная наука, рассматривающая человека как фактор развития и, в то же время, объект защиты его от различных геосферных процессов. В таком контексте инженерная геология может быть представлена, как наука изучающая взаимодействия “строительных систем” с развивающейся геологической средой.

Все вышеизложенное говорит о наличии коэволюционного развития новой геоэкологической науки и инженерной геологии в ее современном понимании.

Глобальная проблема охраны природной среды затрагивает как все человечество в целом, все страны и народы, и может быть решена лишь коллективным разумом и при объединении усилий всех людей на Земле. Это связано с тем, что природные ресурсы планеты (атмосфера, гидросфера, флора, фауна) не могут быть разделены государственными границами; этих границ не признают и многие загрязнения. Каждое государство, решая проблемы охраны среды в своих границах, решает тем самым и глобальные проблемы. В частности, 1 апреля 1996 г. был издан Указ Президента России № “О Концепции устойчивого развития Российской Федерации”, а также постановлением правительства была утверждена программа по реализации в России концепции устойчивого развития. На сегодня территория нашей страны достаточно хорошо изучена, определены районы острых экологических ситуаций, зоны истощения ресурсов и зоны, которые потенциально могут выступить компенсаторами экологических нарушений. Все это позволяет приступить к целенаправленному сосредоточению средств и усилий на природоохранных мероприятиях, на экологизации человеческой деятельности, на восстановлении нарушенных экосистем, на всех тех направлениях, которые были приняты на глобальном Экофоруме в Рио-де-Жанейро в 1992г. и закреплены в его заключительных документах – в “Повестке дня на XXI век.

Управление охраной природной среды,  
мониторинг и рекультивация земель.

В строительном деле важнейшей задачей является прогноз возможных нарушений природной среды и выработка рекомендаций по их устранению, т.е., иначе говоря, для этого нужна система управления природными процессами, которые будут сопровождать строительство.

Важнейшим управляющим инструментом является нормативно-правовой механизм, регламентирующий в данном случае экологические аспекты производственной, в т.ч. строительной деятельности. К слову сказать, что инженерные изыскания и инженерно-геологические, в частности, относятся к виду строительной деятельности и подлежат обязательному лицензированию. В последнее входят как составной элемент – обязательное выполнение требований по охране и рекультивации среды при выполнении этих работ.

В России действует единая система государственных стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Стандарты имеют силу Законов. В систему стандартов входит ряд комплексов (в форме ГОСТов): на охрану водных объектов, флоры, фауны, атмосферы, а также на защиту почвы от загрязнения и эрозии, рациональное использование поверхности и недр земной коры. Система стандартов является эффективным средством государственно-правового регулирования и управления всеми мероприятиями в области охраны природной среды.

Кроме государственных имеются стандарты отдельных отраслей народного хозяйства, которые детализируют государственные стандарты применительно к местным условиям, учитывают особенности земной коры каждого региона и характер своей хозяйственной деятельности.

Естественно, что только нормативными актами и контролем за их исполнением проблемы не решить. К сожалению, на данный момент самый эффективный из механизмов управления – экономический, в виде достижения прибыли, “выгодности” экологической деятельности в строительстве в полной мере у нас в стране, да и за рубежом пока работает недостаточно. Это является, в частности, результатом пока недостаточности экологического образования и воспитания.

Основы мониторинга.

В последние годы деятельность человека по охране природной среды резко активизировалась. В связи с этим появился мониторинг, как новая отрасль науки. Мониторинг – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей человека природной среды. Дополнительно к этому в практику вошел другой термин – литомониторинг, который применим к земной коре или, иначе говоря, к геологической среде.

Основной целью литомониторинга является выявление нарушений в природной среде и ее сохранение. Это относится к атмосфере, гидросфере, биосфере и земной коре. Мониторинг защищает интересы человека и стремится поддерживать необходимые условия для его нормальной жизни. Система мониторинга органически вписывается в глобальный (мировой), региональные (областные) и местные (районные) уровни. Мониторинг в рамках одного государства называют национальным.

В России в рамках мониторинга организована сеть станций, которые контролируют состояние атмосферы, гидросферы, биосферы и земной коры (особенно почв). Результаты наблюдений этих станций используются органами власти для принятия мер по устранению выявленных экологических нарушений. Станции имеют право контроля за исполнением государственных нормативных актов по сохранению природной среды. К своей работе кроме государственных учреждений станции привлекают общественные организации и население. В городах создаются общественные комитеты по охране природы.

В настоящее время осуществляется программа “Литомониторинг России”, куда входят вопросы наблюдения, оценки, контроля и прогноза за состоянием земной коры, которая подвергается нарушениям под влиянием техногенной (строительной) деятельности человека. В этой работе ведущая роль принадлежит инженерной геологии.

Охрана земной коры складывается из трех основных проблем: 1) охрана геологической среды; 2) охрана почв; 3) борьба с инженерно-геологическими процессами.

Геологическая среда включает в себя рельеф и горные породы земной коры. Строительство объектов серьезно нарушает геологическую среду. Поэтому при проектировании объектов следует составлять программу по предотвращению или восстановлению техногенно нарушенной геологической среды. Составляя программу, следует помнить, что природа, в свою очередь, постоянно изменяет геологическую среду. В силу естественных причин, связанных с глобальными геологическими процессами, протекающими как в глубинных зонах Земли, так и в ее поверхностной части, стоит только упомянуть такие явления, как землетрясения, вулканизм, речная эрозия и т.д.

Охрана почв. Поверхностный слой земной коры – почвы, играют одну из важнейших ролей в протекании жизненных процессов, в формировании первичного природного органического вещества и в разложении остатков живых организмов и отходов жизнедеятельности. Во многом, следуя идеям В.И. Вернадского, почвы можно рассматривать как границу между “живым” и “неживым” и являются источником получения продуктов питания. Общая площадь почвенного покрова на планете сокращается, за последнее пятидесятилетие на Земле потеряна пахотная площадь размером с полуостров Индостан, многие почвы теряют свое плодородие. Это во многом связано с отрицательным воздействием техногенной деятельности человека. Правовая охрана почв представляет совокупность законодательных мероприятий, направленных на эффективное и рациональное их использование, на всемерное сохранение и защиту от вредных воздействий. Перед строительством почвенный слой должен быть снят и размещен на другой территории, где



почва может впоследствии принести человеку необходимую пользу. Строительство и эксплуатация объектов нередко приводит к образованию инженерно-геологических процессов, которые серьезно нарушают целостность земной коры (оползни, обвалы, провалы земной поверхности над подземными выработками, подтопление водой объектов и т.д.). Охрана земной коры в этих случаях складывается в виде разработки способов защиты территорий. При этом следует помнить, что выбор способа защиты диктуется местными геологическими условиями и природной обстановкой.

Рекультивация нарушенных земель. Всестороннее восстановление поверхности земной коры, нарушенной в процессе техногенной деятельности человека, называется рекультивацией земель. В настоящее время разработана научная классификация нарушенных земель, дана их характеристика по пригодности для того или иного хозяйственного использования. Это позволяет решать практические задачи рекультивации. Опыт рекультивации показал, что можно вернуть к жизни даже очень сильно нарушенные земли.

Основные задачи рекультивации заключаются в следующем:

1) исключение или сведение до минимума неблагоприятных воздействий техногенной деятельности человека, в частности при производстве строительных котлованов, карьеров, отсыпки отвалов и т.д. и 2) восстановление экологического равновесия в местах нарушения земной поверхности.

При разработке проектов рекультивации для данного участка учитывают рельеф местности, тип горных пород, характер подземных вод, климат, особенности растительности. В разработке принимают участие инженеры-геологи, геодезисты, почвоведы и другие специалисты. В проектах предусматривают сложный комплекс горных, гидротехнических, гидрогеологических, мелиоративных, строительных и сельскохозяйственных работ.

Рекультивация бывает в основном двух видов: горнотехническая и биологическая. Горнотехническая рекультивация. Основная ее задача – приведение нарушенной поверхности земли в порядок. Работа начинается с планировки территории и покрытия слоем почвы (до 15 см). На базе этого создается дерновый слой, который хорошо укрепляет поверхность земли, особенно склоны рельефа. При необходимости грунтовые воды регулируются дренажами. Принимаются меры по предотвращению появления инженерно-геологических процессов, создаются устойчивые откосы, упрочняется поверхность земли от размыва и развеивания ветром.

Биологическая рекультивация предусматривает освоение территории под жилую застройку или создание зон отдыха. После планировки поверхность покрывают почвой с последующей посадкой деревьев, кустарников и посевом сельскохозяйственных культур. В местах отработанных карьеров возможно создание водоемов (Рис. 157).

Опыт работ по рекультивации показал следующее: 1) рекультивацию нарушенной территории по планировке земли необходимо проводить в кратчайшие сроки после завершения или в период строительства объекта; 2) откосы склонов и отвалов земли следует покрывать лесом или высевать многолетние травы. Для посадки леса поверхность земли необходимо выполаживать до 18-20°, под сады – до 11° и сельскохозяйственные культуры – до 3-5°.

Задачи строителей по охране природной среды.

При производстве работ как и при эксплуатации объектов, нарушения природной среды практически неизбежны. Задача строителей сводится к тому, чтобы всегда находить средства и технические возможности для их устранения. Для этого в проекты строительства и на период эксплуатации объектов следует закладывать природопользовательные факторы, с помощью которых можно либо не допускать, либо сводить до минимума нарушения природной среды. Природоохранные мероприятия необходимо разрабатывать на основе опыта строительства, прогноза динамики развития и изменения земной поверхности в силу природных и техногенных факторов. О выполнении этих мероприятий в период строительства должно быть указано в акте на сдачу объекта в эксплуатацию.

Строители должны относиться к охране природы, как к важнейшей своей служебной обязанности, быть организатором и руководителем всех природоохранных работ. При проектировании следует оценивать степень будущего нарушения природы. Возможны случаи, когда от строительства необходимо отказаться. Нежелательно занимать земли, пригодные для сельского

хозяйства, целесообразно использовать земли непригодные или малопригодные. В период строительства необходимо особое внимание на сохранение почв. Вскрышные грунты, которые образуются при вскрытии котлованов, следует вовлекать в сферу строительства (отсыпка насыпей, планировка территорий и т.д.) и не делать отвалов. Не менее важным мероприятием по охране природы при строительстве и эксплуатации объектов является борьба с запылением воздуха, загрязнением водоемов и зеленых массивов, против усиления эрозии, отравления почв.

### **Тесты для промежуточного контроля (в стадии разработки)**

#### **Темы итогового реферата.**

1. Закон необходимого разнообразия.
2. Закон необратимости эволюции.
3. Закон сохранения жизни.
4. Принцип Ле Шателье – Брауна.
5. Закон усложнения организации.
6. Закон развития системы за счет окружающей среды.
7. Правило ускорения эволюции.
8. Закон физико-химического единства живого вещества.
9. Экологическое правило С.С.Шварца.
10. Закон единства «организм-среда».
11. Закон максимума биогенной энергии.
12. Закон давления среды жизни.
13. Закон пирамиды энергий.
14. Правило экологического дублирования.
15. Правило экотопа.
16. Принцип формирования экосистемы.
17. Правило множественности экосистем.
18. Закон бумеранга.
19. Закон незаменимости биосферы.
20. Закон шагреневой кожи.
21. Радиоактивные отходы и управление ими.
22. Твердые бытовые отходы и управление ими.
23. Антропогенные экосистемы.
24. Принцип «всюдности» жизни.
25. Круговоротность процессов в биосфере.
26. Сукцессии в антропогенных экосистемах.
27. Энергосбережение.
28. Ресурсосбережение.
29. Строительство как средообразующий фактор.
30. Охрана природы.
31. Рациональное природопользование.
32. Гомеостаз в природных и антропогенных экосистемах.
33. Загрязнения как фактор экологического кризиса.
34. Естественный отбор фактор эволюции или нет?
35. Ноогенез как фактор противодействия экологическому кризису.
36. Ноосфера.

37. Концепция устойчивого развития.
38. Козволюция как направление развития социума и среды.
39. Трофический фактор в развитии экосистем.
40. Популяции.
41. Сообщества.

**Методические рекомендации по преподаванию дисциплины:**

1. Точное следование рабочей программе дисциплины
2. Ритмичность в передаче лекционного материала
3. Оптимальный объем лекционного материала
4. Соответствие объема лекционного материала и материала для самостоятельного освоения
5. Постоянное сопровождение лекционного материала ссылками на рекомендованную литературу
6. Выявление наиболее оригинальной и интересно воспринимаемой информации по курсу
7. Подготовка тем для самостоятельной подготовки студентами докладов и сообщений по тематике лекционного материала
8. Проведение практических занятий в виде диспутов или разбора конкретных примеров из практики
9. Максимальное использование современных информационных средств, переход на электронные носители контрольных мероприятий.
10. Исключение автоматического зачета освоенного материала за посещение занятий
11. Исключение назначения дополнительных аудиторных занятий взамен несостоявшихся
12. Проведение зачетных мероприятий исключительно в рамках и объемах выделенного бюджета времени
13. Исключение многократной сдачи контрольных мероприятий по принципу «зачет» или «оценка» по уровню знаний на время сдачи зачетного материала