

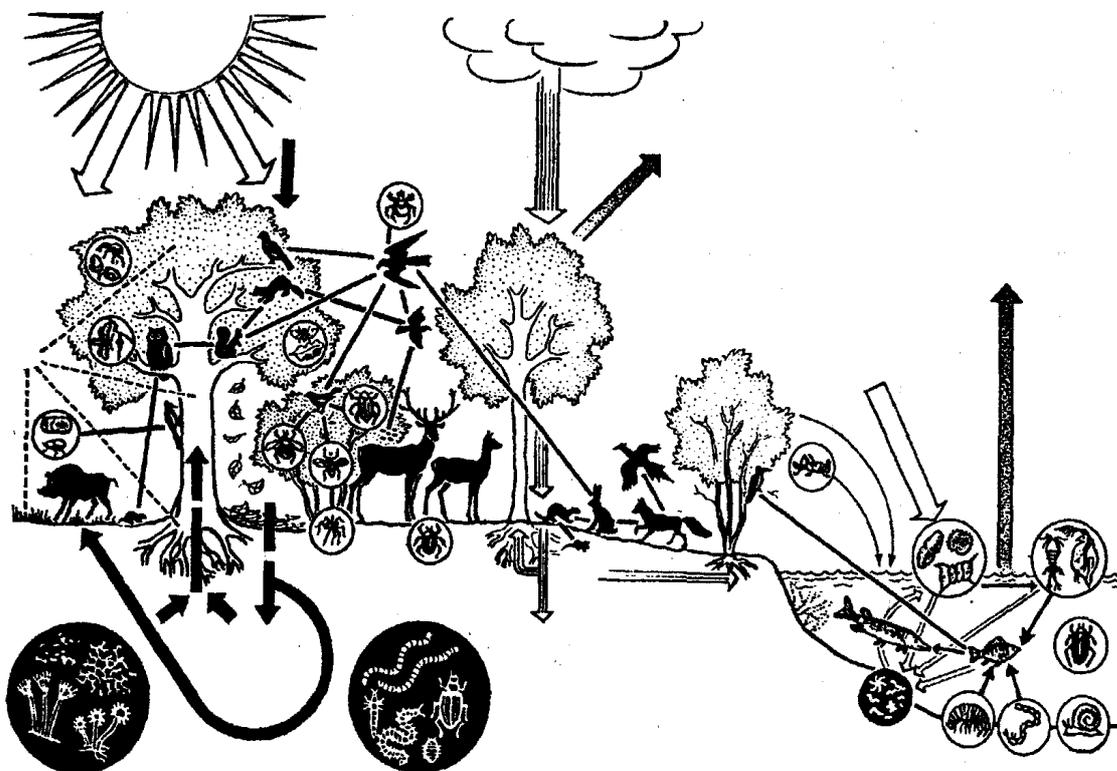


Томский межвузовский центр
дистанционного образования

Зиновьев Г.Г., Смирнов Г.В.

Общая экология

Учебное методическое пособие



ТОМСК 2012

Рекомендовано Сибирским региональным учебно-методическим центром высшего профессионального образования для межвузовского использования в качестве учебного пособия.

Зиновьев Г.Г., Смирнов Г.В.

Общая экология: Учебное методическое пособие. Выпуск 2 - Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2012. - 250 с.

Учебное методическое пособие по общей экологии предназначено для более полного усвоения основных положений и законов экологии и умения использовать их на практике и в трудовой деятельности. В этой части приведен Государственный образовательный стандарт для подготовки специалистов-экологов, а также программа курса. Рассмотрен дополнительный теоретический материал, не вошедший в учебные пособия, но необходимый для выполнения контрольных заданий – это антропогенные воздействия на биосферу.

В разделе «практикум по общей экологии» приводится описание четырех практических работ по расчету загрязнения среды промышленными предприятиями, а в следующем разделе – примеры выполнения практических расчетов.

Описано влияние органических отходов на количество растворенного кислорода в воде и приведены примеры расчетов степени загрязненности вод органическими отходами.

Приведены пятнадцать вариантов заданий по четырем контрольным работам. Для выполнения этих заданий требуется дополнительный материал, изложенный в приложениях к курсу и в кратком экологическом словаре.

© Зиновьев Г.Г., Смирнов Г.В. 2012

© Томский межвузовский центр
дистанционного образования, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 013100 – ЭКОЛОГИЯ	5
1.1. Общая характеристика специальности 013100 – Экология	5
1.2. Общие требования к основной образовательной программе по специальности 013100 - Экология	7
1.3. Требования к уровню подготовки выпускников по специальности 013100 - Экология	7
2. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ»	12
3. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОСФЕРУ	17
3.1. Прошлое, настоящее и будущее. Доклады Римского клуба	17
3.2. Основные виды антропогенных воздействий на биосферу	23
3.3. Техногенные катастрофы и стихийные бедствия	29
3.4. Промышленные аварии и стихийные бедствия в Российской Федерации	33
3.5. Антропогенные воздействия на атмосферу	35
3.6. Антропогенные воздействия на гидросферу	52
3.7. Антропогенные воздействия на литосферу	64
3.8. Антропогенное воздействие на ближний космос	84
3.9. Антропогенные воздействия на биотические сообщества	86
4. КОНЦЕПЦИЯ КОЭВОЛЮЦИИ И ПРИНЦИП ГАРМОНИЗАЦИИ	96
5. ПРАКТИКУМ ПО ЭКОЛОГИИ	103
5.1. Практическая работа №1. Расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов	103
5.2. Практическая работа № 2. Расчет предельно допустимых выбросов и минимальной высоты источника выбросов предприятий	111
5.3. Практическая работа № 3. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятий	114
5.4. Практическая работа № 4. Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов	116
6. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ	121
6.1. Расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов	121
6.2. Расчет предельно допустимых выбросов и минимальной высоты источника выбросов предприятия	124

6.3. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятия.....	127
6.4. Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов	129
7. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА КОЛИЧЕСТВО РАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ КИСЛОРОДА	132
8. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ.....	141
9. ПРИЛОЖЕНИЯ К КУРСУ «ЭКОЛОГИЯ»	158
9.1. Приложение 1	158
9.2. Приложение 2	169
9.3. Приложение 3	197
9.4. Приложение 4	206
10. КРАТКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ	222
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	250

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 013100 – ЭКОЛОГИЯ

1.1. Общая характеристика специальности 013100 – Экология

Специальность утверждена приказом Министерства образования Российской Федерации от 02.03.2000 г. № 686.

1.1.1. Квалификация выпускника - Эколог.

Нормативный срок освоения основной образовательной программы подготовки эколога по специальности 013100 - Экология при очной форме обучения - 5 лет.

1.1.2. Квалификационная характеристика выпускника

Эколог по специальности 013100 - Экология может занимать должности, требующие высшего профессионального образования согласно действующему законодательству Российской Федерации: эколога, младшего научного сотрудника (по рекомендации вуза), инженера (должность по Общероссийскому классификатору должностей служащих, разработанных Минтруда РФ по состоянию на 10.06.1999 г. /М., 1999 г./ № 22446), экономиста (№ 27728), экономиста-природопользователя, инженера по охране окружающей среды (№ 22656), стажера-исследователя в области экологии, геохимика (№ 20603), научного редактора (№ 26039), инженера-исследователя (№ 22488) и другие.

При условии освоения соответствующей образовательно-профессиональной программы педагогического профиля эколог может занимать должности, относящиеся к педагогической деятельности в вузах, колледжах, общеобразовательных учреждениях и учреждениях среднего профессионального образования (должности преподавателя - №25814, 25813, 25812).

1.1.3. Сфера профессиональной деятельности:

Сферой профессиональной деятельности выпускника по специальности 013100 - Экология являются:

- проектные, изыскательские, производственные, научно-исследовательские институты, бюро, фирмы и др.;
- органы охраны природы и государственные органы управления природопользованием (федеральные и региональные учреждения Министерства природных ресурсов РФ, Министерства сельского хозяйства РФ, Госкомэкологии РФ, местных административных органов и других природоохранных ведомств и учреждений);
- общеобразовательные и специальные учебные заведения и др.

1.1.4. Объекты профессиональной деятельности.

Объектами профессиональной деятельности эколога являются: организмы, популяции, сообщества, экосистемы, человек и взаимоотношения со средой; экологический мониторинг, экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду.

1.1.5. Виды профессиональной деятельности.

Специалист по специальности 013100 - Экология может быть подготовлен к одному из следующих видов профессиональной практической деятельности:

- научно-исследовательская;
- проектно-производственная;
- контрольно-экспертная;
- педагогическая (при условии освоения соответствующей образовательно-профессиональной программы педагогического профиля).

Конкретное содержание профессиональной подготовки определяется образовательной программой вуза.

1.1.6. Обобщенные задачи деятельности выпускника.

Научно-исследовательская деятельность:

Эколог подготовлен к научным исследованиям в области экологии, охраны природы и других наук об окружающей среде, в академических учреждениях и вузах;

Проектно-производственная деятельность:

Эколог подготовлен к решению следующих задач:

- оценке воздействий на окружающую среду;
- проектированию типовых мероприятий по охране природы;
- проектированию и экспертизе социально-экономической и хозяйственной деятельности на территориях разного иерархического уровня;
- обеспечению экологической безопасности народного хозяйства и других сфер человеческой деятельности;
- проведению экологической экспертизы различных видов проектного анализа;
- разработке практических рекомендаций по сохранению природной среды;
- контрольно-ревизионной деятельности, экологическому аудиту.

Педагогическая деятельность:

Эколог может быть подготовлен для:

- педагогической работы в вузах;
- учебной и воспитательной работы в средних общеобразовательных школах при условии освоения соответствующей образовательно-профессиональной программы педагогического профиля.

1.1.7. Возможности продолжения образования.

Эколог, освоивший основную образовательную программу высшего профессионального образования по специальности 013100 - Экология, подготовлен:

- к обучению в аспирантуре по научным специальностям, родственным данному направлению: 25.00.35 - геоэкология и другим смежным специальностям;
- к обучению в магистратуре по направлениям 511100 - Экология и природопользование, 510800 - География и другим смежным направлениям.

1.2. Общие требования к основной образовательной программе по специальности 013100 - Экология

1.2.1. Основная образовательная программа эколога разрабатывается на основании настоящего государственного стандарта и включает в себя учебный план, программы дисциплин, программы учебных и производственных практик.

1.2.2. Требования к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы эколога, к условиям её реализации и сроки её освоения определяются настоящим Государственным образовательным стандартом.

1.2.3. Основная образовательная программа эколога формируется из дисциплин федерального компонента, дисциплин национально-регионального компонента, дисциплин по выбору студента, а также факультативных дисциплин. Дисциплина и курсы по выбору студента в каждом цикле должны содержательно дополнять дисциплины, указанные в федеральном компоненте цикла.

1.2.4. Основная образовательная программа подготовки эколога должна предусматривать изучение студентом следующих циклов дисциплин:

- цикл ГСЭ - Гуманитарные и социально-экономические дисциплины;
- цикл ЕН - Математические и естественнонаучные дисциплины;
- цикл ОПД - Общепрофессиональные дисциплины направления;
- цикл СД - Специальные дисциплины;
- ФТД - Факультативы.

1.3. Требования к уровню подготовки выпускников по специальности 013100 - Экология

1.3.1. Требования по общепрофессиональным дисциплинам.

Эколог должен:

- понимать взаимосвязь абиотических факторов и биотической компоненты экосистемы, иметь представление о пределах толерантности ор-

ганизмов и популяций; об экологической нише, как обобщенном выражении экологической индивидуальности вида;

- иметь современные представления о популяциях в экологии, систематике, генетике; закономерностях роста и регуляции численности популяций, условиях их устойчивого существования и жизнеспособности;

- иметь современные представления о популяционной генетике, знать генетические основы стабильности популяций;

- знать основы биологической продуктивности биосферы, процессов воспроизводства пищевых ресурсов человечества;

- знать причины изменений видового состава флоры и фауны под влиянием деятельности человека, знать механизмы, обеспечивающие устойчивость экосистем, иметь представление о возможностях управления процессами в экосистеме;

- знать современные теории эволюции, концепции видообразования и их сопряженности с основными закономерностями функционирования экологических систем;

- знать состав и строение Земли и земной коры, понимать роль экзогенных и эндогенных процессов в развитии земной коры во времени и пространстве;

- иметь представление об основных этапах геологической истории земной коры и эволюции органического мира прошлого, уметь использовать стратиграфическую шкалу;

- иметь представление о геологической деятельности человека и проблемах охраны геологической среды;

- знать основные принципы, закономерности и законы пространственно-временной организации геосистем локального и регионального уровней; динамику и функционирование ландшафта; основы типологии и классификации ландшафтов; иметь представление о природно-антропогенных геосистемах; владеть простейшими навыками ландшафтно-картографического анализа;

- знать роль почвенного покрова как компонента наземных и некоторых субаквальных экосистем; связь неоднородности почв с биоразнообразием; плодородие почв и продуктивность биоценозов; экологические функции почвы;

- должен иметь целостное представление о природных процессах, составляющих основу функционирования, естественной эволюции и антропогенно обусловленных изменений биосферы, природно-территориальных комплексов, экосистем;

в том числе:

- знать состав и строение Земли и земной коры, понимать роль экзогенных и эндогенных процессов в развитии земной коры во времени и пространстве;

- иметь представление об основных этапах геологической истории земной коры и эволюции органического мира прошлого, уметь использовать стратиграфическую шкалу;
- иметь представление о геологической деятельности человека и проблемах охраны геологической среды;
- знать основные принципы, закономерности и законы пространственно-временной организации геосистем локального и регионального уровней;
- динамику и функционирование ландшафта; основы типологии и классификации ландшафтов, иметь представление о природно-антропогенных геосистемах; владеть простейшими навыками ландшафтно-картографического анализа;
- знать процессы формирования климата, классификацию климатов, тенденции изменения климата в глобальном и региональном аспектах, в том числе основные закономерности радиационного и теплового режима атмосферы Земли;
- знать основные закономерности радиационного и теплового режима атмосферы Земли, факторы формирования климата;
- знать структуру водных объектов Земли, закономерности их формирования и трансформации, особенности гидрологического режима рек, озер, водохранилищ, грунтовых и подземных вод, морей и океана; механизмы протекания процессов в водных объектах суши;
- иметь представление о геохимической роли живого вещества, как биотической компоненты биосферы, о глобальном масштабе биогеохимических процессов в биосферных циклах важнейших химических элементов;
- знать основные группы загрязнителей, пути их миграции, трансформации и накопления в экосистемах;
- знать и уметь использовать методы обнаружения и количественной оценки основных загрязнителей в окружающей среде;
- знать механизмы воздействия факторов среды на организм и пределы его устойчивости, пути адаптации к стрессорным воздействиям среды;
- знать особенности влияния загрязнений различной природы на отдельные организмы и биоценозы, на организм человека;
- знать и уметь использовать основы токсикологического нормирования;
- понимать физиологические основы здоровья человека, факторы экологического риска, возможности экологической адаптации;
- знать основные черты кризисных экологических ситуаций, уметь использовать профессиональную подготовку (соответственно профилю) для разработки мер их преодоления;

- знать экологические принципы рационального природопользования;
- уметь планировать и осуществлять мероприятия по охране природы;
- владеть методами оценки воздействий на природную среду (соответственно избранному профилю);
- знать условия эколого-экономической сбалансированности регионов, проблемы использования возобновляемых и невозобновляемых ресурсов, использования и дезактивации отходов производства;
- уметь планировать меры экономического стимулирования природоохранной деятельности;
- знать и уметь использовать нормативно-правовые основы управления природопользованием, его цели, организацию и порядок взаимодействия с другими сферами управления;
- понимать механизмы взаимодействий различных техногенных систем с природными экосистемами;
- знать назначение мониторинга природной среды, методы наблюдений и анализа состояния экосистем;
- иметь представление о принципах организации экологических экспертиз территорий, производств и технологических проектов;
- знать и уметь применять основные математические методы моделирования и компьютерные методы анализа состояния экосистем.

1.3.2. Требования к итоговой государственной аттестации специалиста.

Общие требования к государственной итоговой аттестации

Итоговая государственная аттестация эколога включает защиту выпускной квалификационной работы и государственный экзамен.

Итоговые аттестационные испытания предназначены для определения практической и теоретической подготовленности эколога к выполнению профессиональных задач, установленных настоящим Государственным образовательным стандартом, и продолжению образования в магистратуре по направлению 511100 - Экология и природопользование в соответствии с п. 1.4 вышеупомянутого стандарта.

Аттестационные испытания, входящие в состав итоговой государственной аттестации выпускника, должны полностью соответствовать основной образовательной программе высшего профессионального образования, которую он освоил за время обучения.

Требования к дипломной работе специалиста

Дипломная работа эколога должна быть представлена в форме рукописи. Требования к содержанию, объему и структуре дипломной работы определяются высшим учебным заведением на основании Положения об итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заве-

дений, утвержденном Минобразованием России, Государственного образовательного стандарта по специальности 013100 - Экология и методических рекомендаций Научно-Методического Совета по экологии УМО университетов.

Время, отводимое на подготовку дипломной работы специалиста, составляет не менее шестнадцати недель.

Требования к государственному экзамену эколога

Порядок проведения и программа государственного экзамена по специальности 013100 - Экология определяются вузом на основании методических рекомендаций и соответствующей примерной программы, разработанных Научно-Методическим Советом по экологии УМО университетов, Положения об итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заведений, утвержденном Минобразованием России, и государственного образовательного стандарта по специальности 013100 - Экология.

2. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ»

Введение. Место экологии в системе естественных наук. Современное понимание экологии как науки об экосистемах и биосфере. Введение термина "экология" Эрнстом Геккелем для обозначения науки о взаимоотношениях организмов с окружающей средой. Формирование облика биосферы в процессе жизнедеятельности организмов, взаимодействия биоты и косного вещества: состав воздуха, воды, происхождение почвы. Проблемы, связанные с антропогенным воздействием на биосферу. История развития науки и её задачи. Экологический кризис. Связь экологии с социальными процессами. Значение экологического образования и воспитания. Необходимость формирования правовых и этических норм отношения человека к природе.

Взаимодействие организма и среды. Фундаментальные свойства живых систем. Уровни биологической организации. Организм как дискретная самовоспроизводящаяся открытая система, связанная со средой обменом вещества, энергии и информации. Разнообразие организмов. Источники энергии для организмов. Автотрофы и гетеротрофы. Фотосинтез и дыхание: кислород атмосферы как продукт фотосинтеза. Основные группы фотосинтезирующих организмов (планктонные цианобактерии и водоросли в морях и высшие растения на суше). Хемосинтез, жизнь в анаэробных условиях. Основные группы гетеротрофов (бактерии, грибы, животные). Трофические отношения между организмами: продуценты, консументы и редуценты. Гомеостаз (сохранение постоянства внутренней среды организма); принципы регуляции жизненных функций. Возможности адаптации организмов к изменениям условий среды. Генетические пределы адаптации. Эврибионты и стенобионты. Гомойо- и пойкилотермность. Принципы воспроизведения и развития различных организмов. Особенности зависимости организма от среды на разных стадиях жизненного цикла. Критические периоды развития.

Факторы и ресурсы среды. Определение понятия экологический фактор. Формы воздействия экологических факторов и их компенсация. Внутривидовые экологические подразделения: экотипы, экологические расы. Классификация экологических факторов. Учение об экологических оптимумах видов. Концепция лимитирующих факторов. Закон минимума Либиха, закон толерантности Шелфорда.

Представление о физико-химической среде обитания организмов; 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. Взаимодействие экологических факторов. Распределение отдельных видов по градиен-

ту условий. Представление об экологической нише: потенциальная и реализованная ниша. Живые организмы - индикаторы среды как комплекса экологических факторов. Биоиндикация. Экологические шкалы Раменского, Элленберга. Жизненные формы как результат приспособления организмов к действию комплекса экологических факторов. Классификация жизненных форм растений по Раункиеру.

Популяции. Определение понятий "биологический вид" и "популяция". Иерархическая структура популяций; расселение организмов и межпопуляционные связи. Популяция как элемент экосистемы. Статические характеристики популяции: численность, плотность, возрастной и половой состав. Биомасса и способы её выражения: сырой и сухой вес, энергетический эквивалент. Методы оценки численности и плотности популяции. Характер пространственного размещения особей и его выявление. Случайное, равномерное и агрегированное распределение. Механизмы поддержания пространственной структуры. Территориальность. Скопления животных и растений, причины их возникновения. Динамические характеристики популяции: рождаемость, смертность, скорость популяционного роста. Таблицы и кривые выживания. Характер распределения смертности по возрастам в разных группах животных и растений. Экспоненциальная и логистическая модели роста популяции. Специфическая скорость роста популяции, "плотность насыщения" как показатель емкости среды, чистая скорость размножения. Динамика биомассы. Понятие о биопродуктивности.

Определение экологической ниши. Многомерность ниши. Графическое изображение ниши. Ниша фундаментальная и реализованная. Динамика ниш на уровне кратковременных и долговременных изменений. Влияние конкуренции на ширину экологической ниши, прерывание ниш. Гильдия видов.

Сообщества. Биоценозы (сообщества), их таксономический состав и функциональная структура. Типы взаимоотношения между организмами: симбиоз, мутуализм, комменсализм, конкуренция, биотрофия (хищничество в широком смысле слова). Межвидовая конкуренция, уравнение Лотки-Вольтерры. 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 во времени. Сукцессия. Серийные и климаксовые сообщества.

Экосистемы. Определение понятия "экосистема". Экосистемы как экологические единицы биосферы. Составные компоненты экосистем; основные факторы, обеспечивающие их существование. Развитие экосистем: сукцессия. Основные этапы использования вещества и энергии в экосистемах. Трофические уровни. Первичная продукция - продукция автро-

трофных организмов. Значение фото- и хемосинтеза. Чистая и валовая продукция. Траты на дыхание. Основные методы оценки первичной продукции. Деструкция органического вещества в экосистеме. Биотрофы и сапротрофы. Пищевые цепи "выедания" (пастбищные) и пищевые цепи "разложения" (детритные). Потери энергии при переходе с одного трофического уровня на другой. Экологическая эффективность. «Пирамида продукций» и «пирамида биомасс». Микро- и макроредуценты (консументы). Климатическая зональность и основные типы наземных экосистем. Тундры, болота, тайга, смешанные и широколиственные леса умеренной зоны, степи, тропические влажные леса, пустыни. Первичная продукция разных наземных экосистем. Взаимосвязи разных компонентов наземных экосистем. Значение почвы как особого биокосного тела. Подстилка. Полнота биотического круговорота. Особенности сукцессии наземных экосистем. Водные экосистемы и их основные особенности. Отличия водных элементов экосистем от наземных. Планктон, бентос, нектон. Основные группы продуцентов в водной среде: фитопланктон, макрофиты, перифитон. Роль зоопланктона и бактерий в минерализации органического вещества. Детрит. Вертикальная структура водных экосистем. Континентальные водоемы: реки, озера, водохранилища, эстуарии. Олиготрофные и эвтрофные водоемы. Антропогенное эвтрофирование 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.

Биосфера. "Учение о биосфере" как закономерный этап развития наук о Земле. Истоки учения В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере. Определение понятия биосфера. Эмпирические обобщения В.И. Вернадского и основные положения учения. Место человечества в эволюции биосферы. Современные методы исследования биосферы. Математическое моделирование глобальных биосферных процессов.

Планетные характеристики и планетная среда биосферы. Распространение живого вещества в биосфере и его влияние на свойства основных компонентов географической оболочки. Границы биосферы. Поле устойчивости и поле существования жизни. Вес и объемы биосферы. Неоднородность горизонтальной и вертикальной структуры биосферы. Структура биосферы на термодинамическом уровне. Структура биосферы на физическом, химическом и биологическом уровнях организованности. Парегенетический уровень организованности биосферы. Представление о биогеоценотическом покрове Земли. Коэволюция атмосферы, литосферы, гидросферы и биосферы.

Биогеохимические процессы в биосфере. Типы миграции вещества. Круговороты биогенных элементов и их антропогенная модификация. Круговороты газообразного и осадочного циклов. Круговороты макро- и микроэлементов. Круговорот воды. Особенности физико-химических

свойств воды и её биологическое значение. Пути перемещения воды; вода в биосфере; круговорот воды в экосистеме.

Круговорот углерода. Биологическое значение углерода. Особенности круговорота в водных и наземных экосистемах. Хозяйственная деятельность человека и трансформация круговорота углерода.

Круговорот кислорода. Биологическое значение кислорода. Биохимические, анатомические и физиологические механизмы использования кислорода организмами. Резервный фонд круговорота кислорода, источники поступления кислорода в биосферу.

Круговорот азота. Фиксация азота и вовлечение его в биогеохимический круговорот. Симбиотические и свободно живущие организмы - фиксаторы азота. Процессы аммонификации, нитрификации и денитрификации. Проблемы загрязнения окружающей среды соединениями азота.

Круговорот фосфора. Биологическая роль фосфора. Фосфор как лимитирующий фактор. Последствия антропогенного нарушения круговорота фосфора.

Круговорот серы. Биологическое значение серы. Резервный фонд серы. Микробиологические процессы в круговороте серы. Антропогенная трансформация круговорота серы. Поступление серы в атмосферу. Локальные, региональные и глобальные проблемы загрязнения атмосферы соединениями серы. Последствия влияния загрязнителей на популяционном, биоценоотическом и геосистемном уровнях. Экологические последствия физического, химического и биологического загрязнения экосистем.

Биоразнообразие как ресурс биосферы. Первичная продукция суши и океана. Потенциальная продуктивность Земли. Распределение солнечной радиации на поверхности Земли. Роль атмосферы в удержании тепла. Атмосфера Земли в сравнении с атмосферами других планет. Основные этапы эволюции биосферы.

Человек в биосфере. Человек как биологический вид. Его экологическая ниша. Экология и здоровье человека. Популяционные характеристики человека. Экология человечества: проблемы демографии, развития технологической цивилизации, ресурсы биосферы. Преднамеренное и непреднамеренное, прямое и косвенное воздействие человека на природу. Экологический кризис. Ограниченность ресурсов и загрязнение среды как фактор, лимитирующий развитие человечества. Нелинейное моделирование и синергетические подходы к прогнозу биосферных процессов и будущего человечества.

Продуктивность биосферы. Производство продуктов питания как процесс в биосфере. Пути повышения продуктивности биосферы. Энергетическая цена индустриализации сельскохозяйственного производства. Биоэнергетический коэффициент полезного действия агропромышленного производства. Современные сельскохозяйственные технологии и проблемы охраны окружающей среды.

Концепции экоразвития. Прогнозы "Римского клуба" (Д.Медоуз и др. "Пределы роста", 1972), концепция устойчивого развития биосферы и Конвенция Рио-де-Жанейро (1992 г.), участие России в проектах устойчивого развития. Эколого-экономические системы и их классификация, "природоемкость" производства, экологическая техноемкость территорий. Методы оценки общественных издержек, связанных с экологическим качеством среды. Оценки экологического риска.

Экологическая безопасность России. Динамика качества природной среды и состояния природных ресурсов России в 1985-1995 гг.: атмосферный воздух, поверхностные воды, почвы и земельные ресурсы, омывающие Россию моря. Динамика состояния растительного и животного мира суши, рыбных ресурсов. Чрезвычайные экологические ситуации. Влияние неблагоприятных факторов среды на здоровье населения. Экологическая оценка состояния территории. Воздействие отдельных отраслей хозяйства на окружающую среду: электроэнергетика, атомная промышленность, нефтедобывающая и газовая промышленность, угольная промышленность, химическая промышленность, производство строительных материалов, деревоперерабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, машиностроение, легкая и пищевая промышленность, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, вооруженные силы, сельское хозяйство.

3. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОСФЕРУ

3.1. Прошлое, настоящее и будущее. Доклады Римского клуба

Появившись на Земле несколько миллионов лет назад, человек был собирателем. Он имел кормовую территорию более 500 га и проходил в сутки 25 — 30 км. В то время на Земле проживало не более 2 млн. человек.

Около миллиона лет назад человек научился пользоваться огнем и получил дополнительную энергию. Это позволило ему заселить территории с умеренным климатом и заняться охотой. Использование огня и изобретение оружия, возможно, привело к первому экологическому кризису, причиной которого стало истребление охотниками крупных млекопитающих средних широт. Этот кризис вынудил человека перейти от собирательства к земледелию и скотоводству.

Первые земледельческие цивилизации возникли в районах недостаточного увлажнения, что привело к созданию оросительных систем. Это вызывало, как показывают археологические раскопки, локальные экологические катастрофы в бассейнах рек Тигр и Евфрат, приводившие к ослаблению или гибели государств в результате эрозии и засоления почв. Такого рода катастрофы очень распространены и сейчас: в мире из-за ирригационного засоления заброшено больше земель, чем используется для орошения.

Земледелие продвигалось на территории достаточного увлажнения, т. е. в зоны лесостепи и леса, в результате чего началась интенсивная вырубка лесов. Сведение лесов резко сокращало влагооборот, что способствовало увеличению площади пустынь.

Сейчас пустыни расширяются со скоростью до 20 га в минуту; такая же скорость обезлесивания. Это ведет к увеличению аномалий, связанных с влагооборотом: к засухам, наводнениям, ураганам. Уменьшается регулирующая роль биоты, возрастает роль океанической составляющей, которая имеет случайный характер. По некоторым оценкам, лесистость суши на нашей планете сократилась с 50 — 60% 10 тыс. лет назад до 30 — 40% 100 лет назад. Сейчас лесистость составляет 23 — 30% суши, что примерно соответствует площади пустынь.

Таким образом, рост потребления еще в доиндустриальную эпоху сопровождался локальными экологическими катастрофами.

Экологические кризисы и катастрофы не являются чем-то новым в эволюции нашей планеты, ее биосферы и в истории человечества. Палеогеография и палеонтология дают множество свидетельств глобальных и локальных экологических кризисов и катастроф природного происхождения. Локальные экологические катастрофы случаются довольно часто: вулканические извержения, лесные пожары, землетрясения и др. Они от-

личаются от глобальных тем, что виды организмов не исчезают, а их численность и биомасса довольно быстро восстанавливаются.

Экологические катастрофы прошлого и многие нынешние локальные катастрофы имели и имеют в своей основе геофизические причины, но природные процессы в биосфере довольно быстро ликвидируют их последствия.

За последние 100 лет потребление возросло особенно резко — не менее чем на 2 порядка, т. е. в 100 раз. Это период промышленной и сменившей ее научно-технической революции. В настоящее время потребление выражается следующими интегральными показателями: на одного жителя Земли добывается и выращивается примерно 20 т сырья, которое перерабатывается в конечные продукты массой 2 т, идущие на прямое потребление. Хозяйственной деятельностью охвачено более трети суши (около 60 млн. км²).

В процессе переработки сырья возникает множество веществ. Человек умеет синтезировать около 10 млн. веществ, производит в больших масштабах около 50 тыс., в особо крупных масштабах — 5 тыс. наименований. При этом около 90% сырья уходит в отходы. Из 2 т конечного продукта в течение того же года выбрасывается не менее 1 т.

Таким образом, за последние 100 лет возник еще один механизм воздействия на окружающую среду — выброс (сброс) продуктов антропогенного происхождения. Выбрасываются продукты, абсолютно чуждые природе, а также радиоактивные вещества, тепло. Антропогенное давление на окружающую среду в различных регионах и странах неодинаково. Количественно оно выражено данными, приведенными в табл. 3.1. В большинстве развитых стран оно более чем в 10 раз превышает допустимый предел, в Нидерландах — в 40 раз. В России отмечено превышение в 7 раз.

Таблица 3.1

Антропогенное давление на окружающую среду по отношению к среднему глобальному давлению

Страна	Коэффициент давления (в безразмерных единицах)
Нидерланды	41,5
Германия	19
Великобритания	16,1
Япония	16
США	3,4
Китай	1,1
Индия	1
Россия	7

Нарастание экологической напряженности проявляется в социальных последствиях — таких, как все большая нехватка продовольствия в мире, рост заболеваемости населения в городах, возникновение новых болезней, экологическая миграция населения, возникновение локальных экологических конфликтов из-за создания экологически опасных в глазах населения предприятий. Мы сталкиваемся с проявлением экологической агрессии — вывозом токсичных технологических процессов и отходов в другие страны, а также с появлением противостоящих этой агрессии организаций «зеленых».

Несмотря на успехи развитых стран в области охраны окружающей среды и совершенствования технологий, прогресс в энерго- и ресурсосбережении в глобальном масштабе все же идет деградация систем жизнеобеспечения: изменяется газовый состав атмосферы, что приводит к усилению парникового эффекта, на тысячи километров от источника переносятся кислотные осадки, истощается озоновый слой. Не решена провозглашенная ООН задача обеспечить всех жителей Земли чистой питьевой водой: более одной трети населения Земли ее не имеет.

Человек всегда стремился узнать, что произойдет в будущем, что ожидает его детей и внуков и все человечество. Оценить вероятность будущих событий, исходя из современных знаний и понимания происходящего, пытаются и сейчас. Целью таких попыток является предотвращение негативных явлений, принятие превентивных мер, если это возможно. Экологи имеют к этому прямое отношение.

Что же мы знаем о будущем? Наверняка знаем, что численность населения будет расти, что индустриально развитым странам придется по мере снижения запасов ископаемого топлива и ухудшения его качества изыскивать новые источники энергии. Большинство футурологов считает, что необходимо сократить чудовищное количество отходов, стать более экономными, чтобы обходиться меньшим количеством высококачественной энергии. По их мнению, рост потребления энергии на душу населения сверх современного уровня не улучшит жизни в индустриально развитых странах, а напротив, может вызвать обратный эффект.

По этим вопросам имеется масса публикаций. Многие из них рисуют мрачную картину последствий глобальных эколого-экономических и социальных проблем, однако есть и такие, в которых выражены оптимистические взгляды. Так, по мнению выдающегося эколога современности Ю. Одума, мы можем быть оптимистами, но лишь в том случае, если:

- 1) четко представим себе все стоящие перед человечеством трудности и проблемы и сможем провести все необходимые для научного прогноза расчеты;

- 2) способны противопоставить всем проблемам и трудностям решения по их устранению или снижению до уровня, позволяющего человеку существовать на Земле в человеческих условиях.

Позиции, с которых рассматривается сейчас будущее, различаются принципиально: от полного доверия к новым технологиям до убежденности в том, что общество должно перестроиться, умерить свою власть над природой, создать новые международные всеохватывающие политические и экономические механизмы с целью ограничения использования ресурсов и жесткого регулирования потребления. Согласно последней позиции, человечество как часть глобальной экосистемы подвержено действию законов природы в условиях ограниченных ресурсов. Несомненно, одно: мы уже находимся в очень сложной ситуации, обусловленной противоречиями между человеческим обществом, цивилизацией и окружающей природной средой.

По мнению Р. Дюбо — ученого, гуманиста и убежденного оптимиста, путь к ликвидации противоречий между человеком и окружающей средой — «одомашнивание» всей биосферы, с тем чтобы сохранить пригодность полей, лесов, водоемов, используя их с толком, соблюдая гармонию между творениями человеческих рук и природой. Идея Дюбо — это утопическая идея глобальной экосистемы, которая питалась бы от возобновляемых ресурсов.

По мнению другого видного ученого, А. Тойнби, *цивилизация — это организм, который рождается, становится зрелым, стареет и умирает, что уже случалось в прошлом*. Согласно К. В. Батцеру, цивилизация не организм, а система, которая становится нестабильной, если сильно повышается стоимость её собственного поддержания, причиной чего является бюрократизм, предъявляющий чрезмерные требования к сфере производства.

В апреле 1968 г. в Риме собралась группа из 30 ученых, представлявших 10 стран. В группу входили естественники, математики, экономисты, социологи, промышленники, преподаватели, служащие государственных учреждений. Они встретились, чтобы обсудить настоящие и будущие трудности человечества. Группа получила название «Римский клуб». С этого времени издается серия «Доклады римского клуба» под общим названием «Затруднения человечества».

Первый из докладов — «Пределы роста» — был подготовлен в 1972 г. группой ученых Массачусетского университета под руководством супругов Медоуз. Группа строила глобальные модели с помощью методик системного анализа, разработанных Дж. Форрестером в 1968 — 1971 гг. Эти модели должны были предсказать, что ожидает нас в будущем при сохранении современных экономических и политических методов. Результаты моделирования показали, что в связи со многими жизненно важными ресурсами будут наблюдаться циклы взлетов и падений. Промышленный рост и потребление ресурсов будут увеличиваться ускоряющимися темпами наряду с ростом численности населения и увеличением потребления энергии до тех пор, пока не будет достигнут некий предел. Затем произой-

дет катастрофа. В докладе осуждается общественная мания роста, при которой ставится цель на каждом уровне (индивидуальном, семейном, классовом, национальном) стать богаче и могущественнее, без учета окончательной платы за экспоненциальный рост.

Общественность восприняла доклад как разорвавшуюся бомбу. Книга Медоузов стала бестселлером, было продано 9 млн. экземпляров. Большинство людей поняло ситуацию так, что следует прекратить промышленный рост или изменить весь стиль нашей жизни.

За первым докладом последовали другие. В них были сделаны попытки не только описать более подробно существующую ситуацию и предсказать варианты будущего развития человечества, но и обосновать действия, которые необходимо предпринять, чтобы избежать катастрофы.

Второй доклад назывался «Человечество на перепутье»; он был подготовлен М. Месаровичем и Э. Пестелем (США и ФРГ). В докладе анализ проводился на основе выделения на Земле 10 взаимозависимых регионов. (В разных частях Земли проблемы значительно различаются.) Вновь анализировались проблемы глобального кризиса и опасность промедления. Авторы пришли к заключению, что пассивное следование стихийному развитию ведет к гибели, поэтому мир больше не должен развиваться стихийно. Особое внимание авторы доклада обращали на постоянно расширяющиеся пропасти, которые находятся в центре современного кризиса: между человеком и природой и между богатыми и бедными.

Экологи всего мира поддержали идеи авторов второго доклада исходя из того, что, если мы хотим избежать глобальной катастрофы, то эти пропасти должны быть уничтожены. Достичь этого можно только обеспечив некое единство всего мира, при котором была бы подтверждена взаимозависимость человека и природы, а народы всех стран четко представляли бы себе, что ресурсы Земли не бесконечны. Авторы полагали, что необходимо начинать с определения направлений, которых следует придерживаться. Необходимо, чтобы развитие каждого региона шло своим путем, но исходя из глобальных, а не узких национальных интересов. Таким образом, модель мира выглядела как гибкий, базирующийся на вычислительной технике инструмент планирования, содержащий в себе многоуровневые региональные модели мировой системы.

Третий доклад – «Перестройка международного порядка» — был подготовлен голландским экономистом Я. Тинбергеном с соавторами. Доклад показывал, что сочетание локальных и глобальных целей возможно.

Четвертый доклад – «Цели для глобального общества» — был составлен философом Э. Ласло и освещал два фундаментальных вопроса:

- в чем заключаются цели человечества?
- согласны ли мы предпочесть материальному росту развитие духовных человеческих качеств?

Последующие доклады посвящались важным составным частям глобальных проблем, например, вопросам переработки отходов, использования энергии, организации общества, достижения изобилия и благосостояния.

Создание Римского клуба высоко оценено общественностью. Благодаря его усилиям быстро возросла международная осведомленность о мировой проблематике. Клуб первым перешел от анализа и диагностики состояния нашей цивилизации к поиску и предписанию средств и путей выхода из критической ситуации. Однако, по мнению Ю. Одума, клуб все же мало сделал для реализации каких-либо кардинальных изменений в развитии, что признают и сами члены клуба.

В последующих моделях большое место принадлежит экологическим проблемам. Сейчас модели стали рабочим инструментом комплексного прогнозирования глобальных проблем человечества. Они оказывают серьезное воздействие на мировое развитие. По существу, возникло новое междисциплинарное направление — глобальное моделирование, предназначенное для анализа тенденций развития глобальной социально-экономической системы.

Методической основой нового направления стал весь спектр современных направлений в математике и вычислительной технике: системная динамика Дж. Форрестера, теория многоуровневых иерархических систем М. Месаровича, подход «затраты — выпуск» В. Леонтьева, математическое программирование Л. Канторовича и др.

Выделяют следующие ключевые позиции, вытекающие из результатов моделирования:

- технологический прогресс желателен и жизненно необходим, но необходимы также социальные, экономические и политические изменения;
- народонаселение и ресурсы не могут расти бесконечно на конечной планете;
- нам не известна емкость среды, т. е. не известно, до какой степени физическая среда Земли и системы жизнеобеспечения смогут удовлетворять нужды и потребности будущего роста населения;
- природа будущего глобального устройства не предопределена;
- цивилизация представляет собой систему, поэтому при приближении к пределу в отношении ресурсов сотрудничество имеет большую ценность, чем конкуренция.

Глобальные модели второго и последующих поколений являются в большей степени проектными, чем прогностическими (например, модель В. Леонтьева «Будущее мировой экономики», 1979). Кроме того, эти модели имеют отраслевой характер (например, энергетические модели).

Ряд моделей посвящен природным процессам. Таковы, в частности, модели глобального климата.

Очевидно, что проблема экологической безопасности человечества нуждается в детальной проработке посредством комплексных глобальных моделей с учетом таких проблем, как продовольственная, энергетическая, ресурсосбережения, загрязнения окружающей среды.

Следует подчеркнуть, что в большинстве моделей и сценариев развития Европы экологический результат, как правило, оказывается отрицательным. Однако из-за недостаточности информации даже вся сумма глобальных моделей не дает ответов на главные вопросы, стоящие перед человечеством. Данные ряда исследований по прогнозам и моделированию перенесены в официальные правительственные документы и материалы международных организаций (ООН и др.).

3.2. Основные виды антропогенных воздействий на биосферу

Биосфера, весьма динамичная планетарная экосистема, во все периоды своего эволюционного развития постоянно изменялась под воздействием различных природных процессов. В результате длительной эволюции биосфера выработала способность к саморегуляции и нейтрализации негативных процессов. Достигалось это посредством сложного механизма круговорота веществ.

Главным событием эволюции биосферы признавалось приспособление организмов к изменившимся внешним условиям путем изменения внутривидовой информации. Гарантом динамической устойчивости биосферы в течение миллиардов лет служила естественная биота в виде сообществ и экосистем в необходимом объеме.

Однако по мере возникновения, совершенствования и распространения новых технологий (охота — земледельческая культура — промышленная революция) планетарная экосистема, адаптированная к воздействию природных факторов, все в большей степени стала испытывать влияние новых, небывалых по силе, мощности и разнообразию воздействий. Вызваны они человеком, а потому называются антропогенными.

Под антропогенными воздействиями понимают деятельность, связанную с реализацией экономических, военных, рекреационных, культурных и других интересов человека, вносящую физические, химические, биологические и другие изменения в окружающую природную среду.

Известный эколог Б. Коммонер (1974) выделял пять, по его мнению, основных видов вмешательства человека в экологические процессы:

- упрощение экосистемы и разрыв биологических циклов;
- концентрация рассеянной энергии в виде теплового загрязнения;
- рост ядовитых отходов от химических производств;
- введение в экосистему новых видов;

– появление генетических изменений в организмах растений и животных.

Подавляющая часть антропогенных воздействий носит целенаправленный характер, т. е. осуществляется человеком сознательно во имя достижения конкретных целей. Существуют и антропогенные воздействия стихийные, произвольные, имеющие характер последствия (Котлов, 1978). Например, к этой категории воздействий относятся процессы подтопления территории, возникающие после ее застройки, и др.

Нарушение основных систем жизнеобеспечения биосферы связаны в первую очередь с целенаправленными антропогенными воздействиями. По своей природе, глубине и площади распространения, времени действия и характеру приложения они могут быть различными (рис. 3.1).

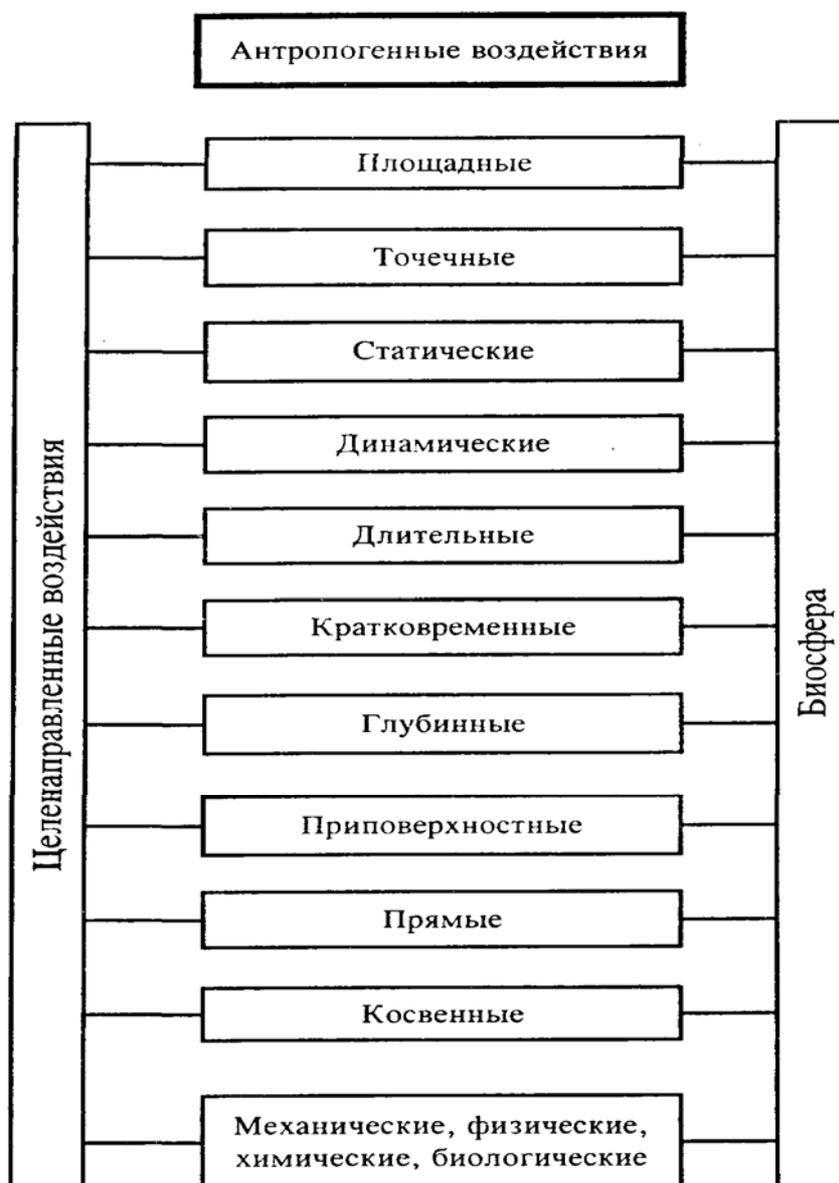


Рис. 3.1. Классификация целенаправленных антропогенных воздействий на биосферу

Анализ экологических последствий антропогенных воздействий позволяет разделить все их виды на положительные и отрицательные (негативные). К положительным воздействиям человека на биосферу можно отнести воспроизводство природных ресурсов, восстановление запасов подземных вод, полезационное лесоразведение, рекультивацию земель на месте разработок полезных ископаемых и некоторые другие мероприятия.

Отрицательное (негативное) воздействие человека на биосферу проявляется в самых разнообразных и масштабных акциях: вырубке леса на больших площадях, истощении запасов пресных подземных вод, засолении и опустынивании земель, резком сокращении численности, а также видов животных и растений, и т. д.

Главнейшим и наиболее распространенным видом отрицательного воздействия человека на биосферу является загрязнение. Большинство острых экологических ситуаций в мире и в России так или иначе связаны с загрязнением окружающей природной среды (Чернобыль, кислотные дожди, опасные отходы и т. д.).

Загрязнением называют поступление в окружающую природную среду любых твердых, жидких и газообразных веществ, микроорганизмов или энергий (в виде звуков, шумов, излучений) в количествах, вредных для здоровья человека, животных, состояния растений и экосистем.

Более развернутую характеристику этого понятия приводит известный французский ученый Ф. Рамад (1981): «Загрязнение есть неблагоприятное изменение окружающей среды, которое целиком или частично является результатом человеческой деятельности, прямо или косвенно меняет распределение приходящей энергии, уровни радиации, физико-химические свойства окружающей среды и условия существования живых существ. Эти изменения могут влиять на человека прямо или через сельскохозяйственную продукцию, через воду или другие биологические продукты (вещества)».

Согласно принятому ООН определению, ***под загрязнением понимают экзогенные химические вещества, встречающиеся в ненадлежащем месте, в ненадлежащее время и в ненадлежащем количестве.***

По объектам загрязнения различают загрязнение поверхностных и подземных вод, загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение почв и т. д. В последние годы актуальными стали и проблемы, связанные с загрязнением околоземного космического пространства.

Источниками антропогенного загрязнения, наиболее опасного для популяций любых организмов, являются промышленные предприятия (химические, металлургические, целлюлозно-бумажные, строительных материалов и др.), теплоэнергетика, транспорт, сельскохозяйственное производство и другие технологии. Под влиянием урбанизации в наибольшей степени загрязнены территории крупных городов и промышленных агломераций. Природными загрязнителями могут быть пыльные бури, вулканический пепел, селевые потоки и др.

По видам загрязнений выделяют химическое, физическое и биологическое загрязнение (рис.3.2; по Н. Ф. Реймерсу, 1990).



Рис. 3.2. Виды загрязнения окружающей среды

По своим масштабам и распространению загрязнение может быть локальным (местным), региональным и глобальным.

Количество загрязняющих веществ в мире огромно, и число их по мере развития новых технологических процессов постоянно растет. В этом отношении «приоритет» как в локальном, так и в глобальном масштабе ученые отдают следующим загрязняющим веществам:

– диоксиду серы (с учетом эффектов вымывания диоксида серы из атмосферы и попадания образующихся серной кислоты и сульфатов на растительность, почву и в водоемы);

– тяжелым металлам: в первую очередь свинцу, кадмию и особенно ртути (с учетом цепочек ее миграции и превращения в высокотоксичную метилртуть);

– некоторым канцерогенным веществам, в частности бенз(а)пирену;

– нефти и нефтепродуктам в морях и океанах;

– хлорорганическим пестицидам (в сельских районах);

– оксиду углерода и оксидам азота (в городах).

Этот перечень, безусловно, должен быть дополнен радионуклидами и другими радиоактивными веществами, пагубные последствия которых для человеческой популяции и экосистем в полной мере проявились после атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки (Япония) и аварии на Чернобыльской АЭС. Следует упомянуть и диоксины — весьма опасное загрязняющее вещество из класса хлоруглеводородов.

Под видами загрязнений понимают также любые нежелательные для экосистем антропогенные изменения (рис. 3.3; по Г. В. Стадницкому и А. И. Родионову, 1988):

– ингредиентное (минеральное и органическое) загрязнение как совокупность веществ, чуждых естественным биогеоценозам (например, бытовые стоки, ядохимикаты, продукты сгорания и т. д.);

– параметрическое загрязнение, связанное с изменениями качественных параметров окружающей среды (тепловое, шумовое, радиационное, электромагнитное);

– биоценотическое загрязнение, вызывающее нарушение в составе и структуре популяций живых организмов (перепромысел, направленная интродукция и акклиматизация видов и т. д.);

– стациально - деструкционное загрязнение (стация — место обитания популяции, деструкция — разрушение), связанное с нарушением и преобразованием ландшафтов и экосистем в процессе природопользования (зарегулирование водотоков, урбанизация, вырубка лесных насаждений и пр.).

Без всякого преувеличения можно отметить, что воздействие человека на биосферу в целом и на отдельные её компоненты (атмосферу, гидросферу, литосферу и биотические сообщества) достигло к настоящему времени беспрецедентных размеров.

Современное состояние планеты Земля оценивается как глобальный экологический кризис. Особенно возросли темпы роста ингредиентных и параметрических загрязнителей. Причем не только в количественном, но и в качественном отношении. Негативные тенденции этих воздействий на человека и биоту носят не только выраженный локальный, но и глобальный характер.

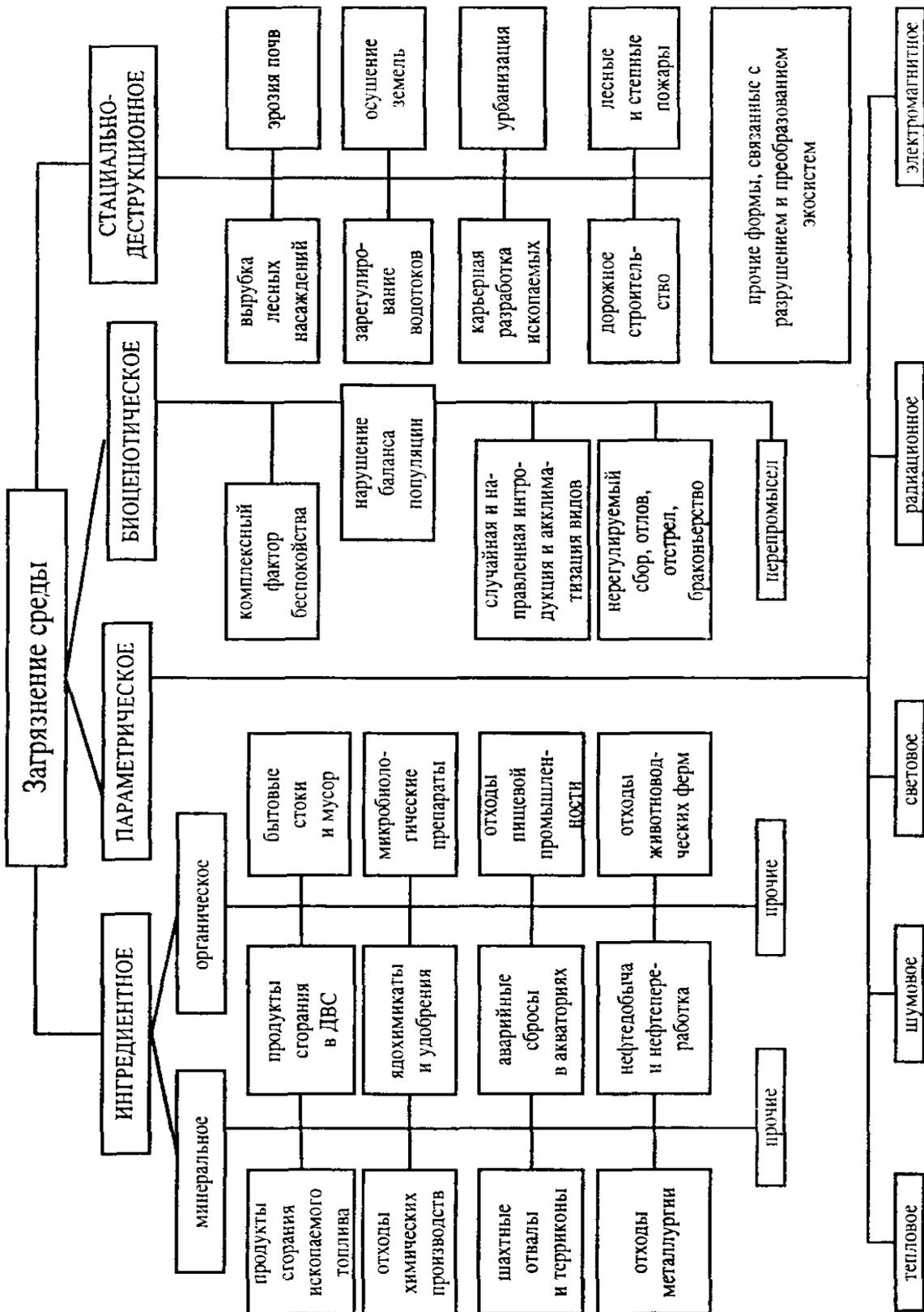


Рис. 3.3. Классификация загрязнения экологических систем

3.3. Техногенные катастрофы и стихийные бедствия

В мире происходит огромное количество аварий. В банке данных одной из фирм США, которая занимается мониторингом аварийных ситуаций, на 1997 г. насчитывалось 300 млн. зафиксированных аварийных ситуаций, причем их прирост составляет примерно 12—14 млн. аварий в год.

Как показывает реальная жизнь, научно-технический прогресс не только способствует повышению производительности труда, улучшению условий труда и росту материального благосостояния, но и таит немало опасностей. Последние возникают прежде всего при использовании сложных инженерных систем и сооружений. Достаточно вспомнить аварии в Чернобыле (СССР), Бхопале (Индия), Базеле (Швейцария) и многие другие.

На первый взгляд кажется, что эти катастрофы, произошедшие в разных точках земного шара, никак не связаны между собой. Но это неверно. Общий принцип событий можно сформулировать так: насыщение производства и сферы услуг современной техникой сопровождается резким увеличением цены технической неполадки или человеческой ошибки. При этом наличие достаточно совершенного оборудования, оснащенного системами многократного дублирования и другими средствами обеспечения безопасности, не гарантирует абсолютной надежности эксплуатации.

Методологические ошибки, являющиеся причиной большинства аварий, можно разделить на три группы: взрывы, обрушения, экокатастрофы, связанные с природными условиями, но спровоцированные некомпетентной деятельностью человека (например, строительством).

В первую очередь возрастает риск аварий больших технических систем, что связано с увеличением их числа и сложности, ростом мощностей агрегатов на промышленных и энергетических объектах, их территориальной концентрацией.

Это иллюстрируется следующей статистикой. По далеко не полным данным, охватывающим только крупнейшие промышленные катастрофы (сюда входят и транспортно-промышленные), более половины из них (56%) разразилось в течение последних двух десятилетий. Обращает внимание то, что увеличивается и разрушительный эффект этих катастроф: на конец нашего столетия приходится примерно 50% погибших и 40% раненых во время промышленных катастроф в XX веке.

Сходные тенденции наблюдаются и в отношении природных катастрофических явлений. За последние два десятилетия в различных районах мира стихийные бедствия унесли жизни почти 3 млн. человек, а общее количество пострадавших превысило 800 млн. человек. Зловещие тенденции к усилению и учащению катастрофических явлений природы, наблюдавшиеся в 80-е годы, перерастают в поистине кризисную ситуацию. Учитывая исключительную остроту и безотлагательный характер данной проблемы, а также ряд других обстоятельств, ООН провозгласила с 1 января

1990 г. Международное десятилетие по уменьшению опасности стихийных бедствий (МДУОСБ).

Концепция МДУОСБ исходит из того, что фаталистическое отношение к стихийным бедствиям уже не может считаться оправданным, а накопленные знания позволяют существенно снизить уровень различных видов риска, связанного с землетрясениями, бурями, цунами, наводнениями, оползнями, вулканическими извержениями, пожарами, нашествиями саранчи, засухами, опустыниванием и другими катастрофическими явлениями естественного происхождения.

Опасные природные явления и техногенные катастрофы часто изучаются изолированно. Но они представляют собой сложные, многообразные и взаимосвязанные процессы. Уже не вызывает сомнений, что для эффективного смягчения совокупного риска различных видов стихийных бедствий необходимы взаимосогласованные методы их предотвращения и четко скоординированные действия.

Статистический анализ показал, что число стихийных бедствий на Земле весьма велико: ежемесячно регистрируется 20 — 50 случаев. В 60-е годы было зарегистрировано 14 крупных катастроф, а в 80-е их число достигло 70, т. е. увеличилось в 5 раз. Общий экономический ущерб с учетом инфляции за этот период возрос в среднем с 3,7 до 11,4 млрд. долларов в год, т. е. в 3,1 раза (табл. 3.2).

Тенденция к росту количества стихийных бедствий объясняется, прежде всего, увеличением численности населения Земли и концентрацией людских ресурсов в городах.

Опасность антропогенного воздействия четко прослеживается по отдельным отраслям промышленности, энергетики и транспорта, связанным с переработкой и перевозкой взрыво- и пожароопасных грузов, радиоактивных и химически агрессивных продуктов. Так, в химической промышленности за последние 35 лет мощности и объем выпуска продукции выросли во всем мире в 10 раз. Число катастроф на этих предприятиях также увеличилось в 10 раз: с 3 — 4 раз в год в период 1940 — 1970 гг. до 15 раз в период 1971 — 1975 гг. и до 30 раз в 1975 — 1985 гг.

Масштабы катастроф также выросли весьма существенно. С 1959 г. по 1978 г. в семи крупнейших катастрофах на химических предприятиях мира погибло 739, ранено 2647, эвакуировано 18 тыс. человек. Расчет показывает, что на один трагический случай приходится 106 погибших, 378 раненых и 2,6 тыс. эвакуированных. В последующих катастрофах, которых произошло в течение 1979 — 1986 гг. уже 13, погибло более 3,9 тыс., ранено 4,8 тыс., эвакуировано около 1 млн. человек, т. е. на одну катастрофу приходилось в среднем соответственно 302, 372 и 77 000 человек.

Таблица 3.2

Некоторые крупнейшие стихийные бедствия, зафиксированные с 1960 г.

Дата	Событие	Район	Число погибших	Общий ущерб, млн. долл. США
1	2	3	4	5
29.02.60	Землетрясение	Марокко	13100	120
21.05.60	Землетрясение	Чили	3000	880
03.63	Вулканическое извержение	Индонезия	3870	—
26.07.63	Землетрясение	Югославия	1070	600
11.63	Ураган «Флора»	Гаити	5100	625
10.65	Ураган «Бетси»	США	299	1420
11.66	Наводнение	Италия	113	1300
12.12.70	Циклон	Бангладеш	300000	85
06.72	Ураган «Агнес»	США	122	2100
04.74	Серия торнадо	США	322	1000
27.07.76	Землетрясение	Китай	242000	5600
10.77	2 циклона	Индия	20000	1000
16.09.78	Землетрясение	Иран	20000	11
05.80	Вулканическое извержение	США	60	860
11.81	Зимний шторм	Дания	9	250
01.04.83	Наводнения	Перу. Эквадор	500	700
12.07.84	Буря с градом	Германия		1000
13.11.85	Вулканическое извержение	Колумбия	23000	230
07 - 08.86	Наводнения	Китай	260	1210
02.87	Наводнения	СССР	110	550
05.87	Наводнения	Польша		500
09.88	Ураган «Джилберт»	Ямайка, Мексика	286	2350
07.12.88	Землетрясение	СССР	25000	14000
17.10.89	Землетрясение	США	62	10000

Так, в США за период 1980 — 1985 г. на химических предприятиях произошло около 2 тыс. аварий, в том числе 130 аварий на одном заводе корпорации «Юнион Карбид» в Западной Вирджинии. Завод в индийском городе Бхопале, где произошла крупнейшая за всю историю промышленная катастрофа, также принадлежит этой компании. В результате катастрофы в Бхопале погибло более 3 тыс. человек. Только по официальным источникам 20 тыс. человек стали инвалидами и полностью потеряли трудоспособность, более 200 тыс. больны и страдают от последствий отравления газом. Пострадавшие получили долговременные поражения органов зрения, дыхания, печени, почек. Сотни тысяч людей до сих пор страдают от слабости, депрессии, ночных кошмаров. В семьях, переживших катастрофу, рождаются больные дети со слабым иммунитетом.

Что же говорить о последствиях катастроф, связанных с радиационным загрязнением?

Наиболее актуальна проблема радиоактивного загрязнения в связи с АЭС. Аварии на АЭС стали случаться все чаще. В 1957 г. на одной из АЭС Великобритании («Уинд Скейл») произошла авария, в результате чего погибло 13 человек. Площадь зараженной территории составила 500 км². В 1979 г. случилась авария на АЭС «Тримайл-Айленд» в США. Прямой ущерб от нее составил сумму свыше 1 млрд. долларов. В 1986 г. произошла Чернобыльская катастрофа, которая привела к гибели 30 человек; было госпитализировано свыше 200 и эвакуировано 115 тыс. человек (эти данные были опубликованы в 1987 г. за рубежом). Впоследствии оказалось, что масштабы катастрофы превышают официальные сводки на порядки.

Итак, крупные аварии на АЭС произошли в 1957, 1979 и 1986 гг. По оценке некоторых специалистов, вероятность аварий с частотой один раз в 5,4 года составляет 70%.

Вероятность аварий не везде одинакова. Отдельные регионы подвержены риску больше чем другие. Так, в России концентрация ядерно-опасных объектов крайне высока в Мурманской и Архангельской областях. Помимо этого, количество радиоактивных отходов, затопленных в морях региона, составляет две трети активности всех отходов, затопленных в Мировом океане.

Большую группу экологических катастроф составляют последствия аварий в нефтеперерабатывающей промышленности. Ежегодно в мире в этой отрасли случается в среднем примерно 60 катастроф, уносящих 100 — 150 человеческих жизней и наносящих ущерб до 100 млн. долларов. Частота аварий растет. Так, только в США с 1950 по 1980 гг. (за 30 лет) число аварийных ситуаций увеличилось в 2,6 раза, в 6 раз увеличилось число жертв, в 11 раз — материальный ущерб.

На транспорте в результате автомобильных катастроф на дорогах мира ежегодно погибает более 300 тыс. человек, получают ранения около 8 млн. человек. Прослеживается тенденция к увеличению убытков и риска,

связанного с перевозкой так называемых «разрядных» грузов: ядовитых, взрывчатых и других опасных продуктов. В США, например, перевозкой таких грузов занято более трети товарных поездов. Средний ущерб от одной подобной аварии за период 1976 — 1982 гг. увеличился почти вдвое: с 18 до 30 тыс. долларов.

В бывшем СССР в результате только двух железнодорожных катастроф в 1988 г. при транспортировке взрывчатых веществ — в Арзамасе и Екатеринбурге — погибло около 100, госпитализировано 300 человек, медицинская помощь оказана сотням людей.

Разрушительный потенциал хранения и переработки опасных веществ очень велик. Так, лишь в сфере энергетики перерабатывается около 10 млрд. т условного топлива — масел, способных гореть и взрываться. Опасные химические соединения: мышьяк, фосген, аммиак и др. хранятся и перевозятся в количествах, измеряемых величинами порядка триллионов летальных доз. Это составляет величину, на один-два порядка превышающую накопленные запасы радиоактивных веществ.

Из всего сказанного следует вывод о тенденции нарастания технологического (техногенного) риска для здоровья, жизни людей и окружающей природной среды.

3.4. Промышленные аварии и стихийные бедствия в Российской Федерации

В 1993 г. на территории России по официальным данным имели место 923 чрезвычайные ситуации техногенного характера, в 1995 г. их было 337. Существенный риск представляют предприятия, располагающие значительными запасами опасных химических веществ: около 1 млн. т. В перечень таких предприятий входят 3653 объекта. Более 50% из них имеют запасы аммиака, 35% — хлора, 5% — соляной кислоты.

Суммарная площадь территории РФ, на которой могут возникнуть очаги химического загрязнения, составляет около 300 тыс. км² с населением около 54 млн. чел.

Основные виды аварий с тяжелыми последствиями для окружающей среды, которые имели место — пожары, взрывы и открытые газонефтяные фонтаны (68% всех аварий).

На трубопроводах Западной Сибири ежегодно случается до 35 тыс. аварий, что приводит к значительному ущербу для природы из-за разливов нефти. Последние трудно обнаружить своевременно в связи с труднодоступностью местности. Основными причинами этих аварий являются нарушения при строительстве, коррозионные повреждения, внешние воздействия, в том числе, связанные с хищениями.

Особую тревогу вызывают аварии при перевозке опасных грузов железнодорожным транспортом.

В 1994 г. зафиксировано (с учетом паводков) 390, а в 1995 г. — 445 природных катастроф и стихийных бедствий.

Наиболее опасными являются землетрясения. Угрозе разрушительных землетрясений постоянно подвержены более 20 млн. россиян.

Сильнейшим в истории России является Сахалинское землетрясение 27 мая 1995 г.

В Российской Федерации с предсказанием землетрясений связано не менее 10 институтов. Создана сеть станций по изучению землетрясений и цунами.

Гораздо сложнее предсказать ураганы. Исследованием смерчей у нас занимаются пока мало. Эта проблема разрабатывается в системе бывшего Минатома СССР. Смерч может создать на АЭС аварийную ситуацию. Например, 17 апреля 1978 г. на американской АЭС «Гранд Галф» смерч разрушил несколько вспомогательных сооружений и повредил градирню. Если бы АЭС уже была введена в эксплуатацию, неминуемой была бы серьезная авария.

По данным российских ученых, выполнивших работы по оценке опасности смерчей для любой точки бывшего СССР, смерчеопасны Украина, Белоруссия, Прибалтика, почти вся европейская часть России.

По интенсивности смерчи разделяются на 12 классов. До сих пор в бывшем СССР зафиксированы смерчи лишь до 5 — 6 классов, но и такие, случись они в густонаселенных районах с развитой промышленностью, могут вызвать колоссальные разрушения. В России самый сильный из зарегистрированных смерчей был отнесен к 4-му классу. 9 июня 1984 г. в нескольких областях наблюдалось не менее пяти отдельных смерчей.

Необходимость прогнозов смерчей очевидна. В нынешних ценах ущерб от среднего смерча исчисляется суммой примерно в 1 млрд. рублей. Примерно в половине случаев смерчи сопровождаются гибелью людей, причем гибель происходит вследствие поражения током от разрушения ЛЭП, ожогов и отравлений из-за пожаров на разрывах газопроводов.

Угрозе наводнений в России постоянно подвержено более 700 городов и несколько тысяч других населенных мест. Крупные по масштабам затопления имели место в Бурятии, Коми, Калмыкии, в Алтайском, Красноярском и Хабаровском краях, Архангельской, Костромской, Курганской, Новгородской, Омской, Сахалинской, Ульяновской, Челябинской и Читинской областях. К началу 1995 г. подъем уровня Каспийского моря, начавшийся в 1978 г., достиг 2,5 м, в связи с чем оказались затопленными десятки тысяч гектаров сельхозугодий, подтоплены значительные территории городов Махачкала, Дербент, Каспийск.

Под воздействием ливней активизировались оползневые процессы в Алтайском и Ставропольском краях, республиках Мордовии и Ингушетии, в Ростовской и Саратовской областях.

Для предотвращения последствий природных катастроф разрабатываются федеральные целевые программы по развитию системы сейсмологических наблюдений, по защите земель и населенных пунктов и др.

Важную роль играют прогнозы, наиболее точными из них являются прогнозы наводнений и паводков. Для их составления используют данные космических наблюдений, например, данные по снегозапасам.

Специалисты МЧС России в сотрудничестве со специалистами других ведомств разработали прогнозы лесных пожаров.

Негативные последствия стихийных бедствий в значительной степени связаны с тем, что население не готово к ним, несмотря на прогнозы и предупреждения. Так, во время наводнений, произошедших в последнее время на Сахалине, не были обесточены энергосистемы, хотя соответствующие службы были предупреждены; в результате вышли из строя важные энергоблоки.

3.5. Антропогенные воздействия на атмосферу

Вопрос о воздействии человека на атмосферу находится в центре внимания специалистов и экологов всего мира. И это не случайно, так как крупнейшие глобальные экологические проблемы современности — «парниковый эффект», нарушение озонового слоя, выпадение кислотных дождей — связаны именно с антропогенным загрязнением атмосферы.

Охрана атмосферного воздуха — ключевая проблема оздоровления окружающей природной среды. Атмосферный воздух занимает особое положение среди других компонентов биосферы. Значение его для всего живого на Земле невозможно переоценить. Человек может находиться без пищи пять недель, без воды — пять дней, а без воздуха всего лишь пять минут. При этом воздух должен иметь определенную чистоту и любое отклонение от нормы опасно для здоровья.

Атмосферный воздух выполняет и сложнейшую защитную экологическую функцию, предохраняя Землю от абсолютно холодного Космоса и потока солнечных излучений. В атмосфере идут глобальные метеорологические процессы, формируются климат и погода, задерживается масса метеоритов.

Атмосфера обладает способностью к самоочищению. Оно происходит при вымывании аэрозолей из атмосферы осадками, турбулентном перемешивании приземного слоя воздуха, отложении загрязненных веществ на поверхности земли и т. д. Однако в современных условиях возможности природных систем самоочищения атмосферы серьезно подорваны. Под массивным натиском антропогенных загрязнений в атмосфере стали проявляться весьма нежелательные экологические последствия, в том числе и глобального характера. По этой причине атмосферный воздух уже не

в полной мере выполняет свои защитные, терморегулирующие и жизнеобеспечивающие экологические функции.

Загрязнение атмосферного воздуха.

Под загрязнением атмосферного воздуха следует понимать любое изменение его состава и свойств, которое оказывает негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем.

Загрязнение атмосферы может быть естественным (природным) и антропогенным (техногенным).

Естественное загрязнение воздуха вызвано природными процессами. К ним относятся вулканическая деятельность, выветривание горных пород, ветровая эрозия, массовое цветение растений, дым от лесных и степных пожаров и др. Антропогенное загрязнение связано с выбросом различных загрязняющих веществ в процессе деятельности человека. По своим масштабам оно значительно превосходит природное загрязнение атмосферного воздуха.

В зависимости от масштабов распространения выделяют различные типы загрязнения атмосферы: местное, региональное и глобальное. Местное загрязнение характеризуется повышенным содержанием загрязняющих веществ на небольших территориях (город, промышленный район, сельскохозяйственная зона и др.) При региональном загрязнении в сферу негативного воздействия вовлекаются значительные пространства, но не вся планета. Глобальное загрязнение связано с изменением состояния атмосферы в целом.

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются на:

- 1) газообразные (диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды и др.);
- 2) жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей и др.);
- 3) твердые (канцерогенные вещества, свинец и его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и прочие).

Главные загрязнители (поллютанты) атмосферного воздуха, образующиеся в процессе производственной и иной деятельности человека, — диоксид серы (SO_2), оксид углерода (CO) и твердые частицы. На их долю приходится около 98% в общем объеме выбросов вредных веществ. Помимо главных загрязнителей, в атмосфере городов и поселков наблюдается еще более 70 наименований вредных веществ, среди которых — формальдегид, фтористый водород, соединения свинца, аммиак, фенол, бензол, сероуглерод и др. Однако именно концентрации главных загрязнителей (диоксид серы и др.) наиболее часто превышают допустимые уровни во многих городах России.

Суммарный мировой выброс в атмосферу четырех главных загрязнителей (поллютантов) атмосферы составил в 1990 г. — 401 млн. т, а в России в 1991 г. — 26,2 млн. т (табл. 3.3). Кроме указанных главных загрязнителей, в атмосферу попадает много других очень опасных токсичных веществ — свинец, ртуть, кадмий и другие тяжелые металлы (источники выброса: автомобили, плавильные заводы и др.); углеводороды (C_nH_m), среди них наиболее опасен бенз(а)пирен, обладающий канцерогенным действием (выхлопные газы, топка котлов и др.), альдегиды и, в первую очередь, формальдегид, сероводород, токсичные летучие растворители (бензины, спирты, эфиры) и др.

Таблица 3.3

**Выброс в атмосферу главных загрязнителей (поллютантов)
в мире и в России**

Вещества, млн. т	Диоксид серы	Оксиды азота	Оксид углерода	Твердые частицы	Всего
Суммарный мировой выброс	99	68	177	57	401
Россия (только стационарные источники)	9,2	3	7,6	6,4	26,2
в %	9,2	4,4	4,3	11,2	6,5
Россия (с учетом всех источников), %	12	5,8	5,6	12,2	13,2

Наиболее опасное загрязнение атмосферы — радиоактивное. В настоящее время оно обусловлено в основном глобально распределенными долгоживущими радиоактивными изотопами — продуктами испытаний ядерного оружия, проводившихся в атмосфере и под землей. Приземный слой атмосферы загрязняют также выбросы в атмосферу радиоактивных веществ с действующих АЭС в процессе их нормальной эксплуатации и другие источники.

Особое место занимают выбросы радиоактивных веществ из четвертого блока Чернобыльской АЭС в апреле — мае 1986 г. Если при взрыве атомной бомбы над Хиросимой (Япония) в атмосферу было выброшено 740 г радионуклидов, то в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. суммарный выброс радиоактивных веществ в атмосферу составил 77 кг.

Еще одной формой загрязнения атмосферы является локальное избыточное поступление тепла от антропогенных источников. Признаком

теплового (термического) загрязнения атмосферы служат так называемые термические зоны, например, «остров тепла» в городах, потепление водоемов и т. п.

В целом, если судить по официальным данным на 1997—1999 гг., уровень загрязнения атмосферного воздуха в нашей стране, особенно в городах России, остается высоким, несмотря на значительный спад производства, что связывают, прежде всего, с увеличением количества автомобилей, в том числе — неисправных.

Основные источники загрязнения атмосферы. В настоящее время основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха на территории России вносят следующие отрасли: теплоэнергетика (тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные и др.), далее — предприятия черной металлургии, нефтедобычи и нефтехимии, автотранспорт, предприятия цветной металлургии и производство стройматериалов.

Роль различных отраслей хозяйства в загрязнении атмосферы в развитых промышленных странах Запада несколько иная. Так например, основное количество выбросов вредных веществ в США, Великобритании и ФРГ приходится на автотранспорт (50—60%), тогда как на долю теплоэнергетики значительно меньше, всего 16—20%.

Тепловые и атомные электростанции. Котельные установки. В процессе сжигания твердого или жидкого топлива в атмосферу выделяется дым, содержащий продукты полного (диоксид углерода и пары воды) и неполного (оксиды углерода, серы, азота, углеводороды и др.) сгорания. Объем энергетических выбросов очень велик. Так, современная теплоэлектростанция мощностью 2,4 млн. кВт расходует до 20 тыс. т угля в сутки и выбрасывает в атмосферу в сутки 680 т SO_2 и SO_3 , 120—140 т твердых частиц (зола, пыль, сажа), 200 т оксидов азота.

Перевод установок на жидкое топливо (мазут) снижает выбросы золы, но практически не уменьшает выбросы оксидов серы и азота. Наиболее экологично газовое топливо, которое в три раза меньше загрязняет атмосферный воздух, чем мазут, и в пять раз меньше, чем уголь.

Источники загрязнения воздуха токсичными веществами на атомных электростанциях (АЭС) — радиоактивный йод, радиоактивные инертные газы и аэрозоли. Крупный источник энергетического загрязнения атмосферы — отопительная система жилищ (котельные установки) дает мало оксидов азота, но много продуктов неполного сгорания. Из-за небольшой высоты дымовых труб токсичные вещества в высоких концентрациях рассеиваются вблизи котельных установок.

Черная и цветная металлургия. При выплавке одной тонны стали в атмосферу выбрасывается 0,04 т твердых частиц, 0,03 т оксидов серы и до 0,05 т оксида углерода, а также в небольших количествах такие опасные загрязнители, как марганец, свинец, фосфор, мышьяк, пары ртути и др. В процессе сталеплавильного производства в атмосферу выбрасываются па-

рогазовые смеси, состоящие из фенола, формальдегида, бензола, аммиака и других токсичных веществ. Существенно загрязняется атмосфера также на агломерационных фабриках, при доменном и ферросплавном производствах.

Значительные выбросы отходящих газов и пыли, содержащих токсичные вещества, отмечаются на заводах цветной металлургии при переработке свинцово-цинковых, медных, сульфидных руд, при производстве алюминия и др.

Химическое производство. Выбросы этой отрасли хотя и невелики по объему (около 2% всех промышленных выбросов), тем не менее, в виду своей весьма высокой токсичности, значительного разнообразия и концентрированности представляют значительную угрозу для человека и всей биоты. На разнообразных химических производствах атмосферный воздух загрязняют оксиды серы, соединения фтора, аммиак, нитрозные газы (смесь оксидов азота), хлористые соединения, сероводород, неорганическая пыль и т. п.).

Выбросы автотранспорта. В мире насчитывается несколько сот миллионов автомобилей, которые сжигают огромное количество нефтепродуктов, существенно загрязняя атмосферный воздух, прежде всего в крупных городах. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (особенно карбюраторных) содержат огромное количество токсичных соединений — бенз(а)пирена, альдегидов, оксидов азота и углерода и особо опасных соединений свинца (в случае применения этилированного бензина).

Наибольшее количество вредных веществ в составе отработавших газов образуется при неотрегулированной топливной системе автомобиля. Правильная её регулировка позволяет снизить их количество в 1,5 раза, а специальные нейтрализаторы снижают токсичность выхлопных газов в шесть и более раз.

Интенсивное загрязнение атмосферного воздуха отмечается также при добыче и переработки минерального сырья, на нефте- и газоперерабатывающих заводах (рис.3.4), при выбросе пыли и газов из подземных горных выработок, при сжигании мусора и горении пород в отвалах (терриконах) и т. д.

В сельских районах очагами загрязнения атмосферного воздуха являются животноводческие и птицеводческие фермы, промышленные комплексы по производству мяса, распыление пестицидов и т. д.

«Каждый житель Земли — это и потенциальная жертва стратегических (трансграничных) загрязнений», — подчеркивает А. Гор в книге «Земля на чаше весов» (1993). Под трансграничными загрязнениями понимают загрязнения, перенесенные с территории одной страны на площадь другой. Только в 1994 г. на европейскую часть России из-за невыгодного её географического положения выпало 1204 тыс. т соединений серы от Украины, Германии, Польши и других стран. В то же время в других странах

от российских источников загрязнения выпало только 190 тыс. т серы, т. е. в 6,3 раза меньше.

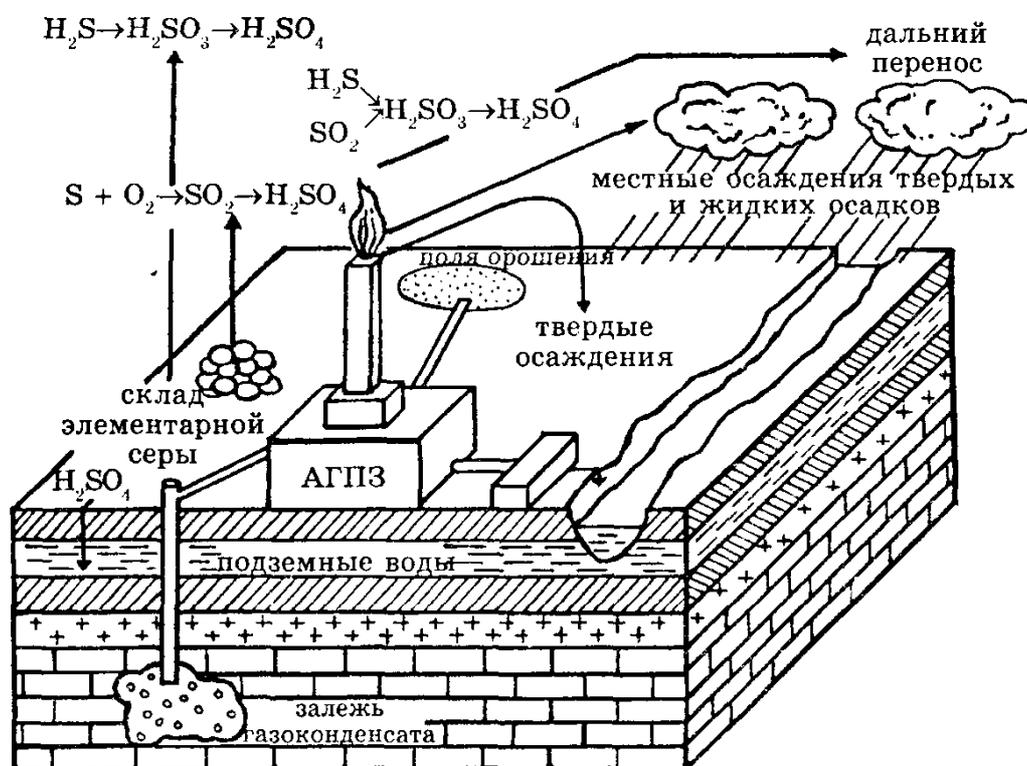


Рис. 3.4. Пути распространения выбросов соединений серы в районе Астраханского газоперерабатывающего завода

Экологические последствия загрязнения атмосферы. Загрязнение атмосферного воздуха воздействует на здоровье человека и на окружающую природную среду различными способами — от прямой и немедленной угрозы (смог и др.) до медленного и постепенного разрушения различных систем жизнеобеспечения организма. Во многих случаях загрязнение воздушной среды нарушает структурные компоненты экосистемы до такой степени, что регуляторные процессы не в состоянии вернуть их в первоначальное состояние и в результате механизм гомеостаза не срабатывает.

Сначала рассмотрим, как влияет на окружающую природную среду локальное (местное) загрязнение атмосферы, а затем глобальное.

Физиологическое воздействие на человеческий организм главных загрязнителей (поллютантов) чревато самыми серьезными последствиями. Так, диоксид серы, соединяясь с влагой, образует серную кислоту, которая разрушает легочную ткань человека и животных. Особенно четко эта связь прослеживается при анализе детской легочной патологии и степени концентрации диоксида серы в атмосфере крупных городов. Согласно

исследованиям американских ученых, при уровне загрязнения SO_2 до $0,049 \text{ мг/м}^3$ показатель заболеваемости (в человека-днях) населения Нэшвилла (США) составлял 8,1%, при $0,150—0,349 \text{ мг/м}^3$ — 12 и в районах с загрязнением воздуха выше $0,350 \text{ мг/м}^3$ — 43,8%. Особенно опасен диоксид серы, когда он осаждается на пылинках и в этом виде проникает глубоко в дыхательные пути.

Пыль, содержащая диоксид кремния (SiO_2), вызывает тяжелое заболевание легких — силикоз. Оксиды азота раздражают, а в тяжелых случаях и разъедают слизистые оболочки, например, глаз, легких, участвуют в образовании ядовитых туманов и т. д. Особенно опасны они, если содержатся в загрязненном воздухе совместно с диоксидом серы и другими токсичными соединениями. В этих случаях даже при малых концентрациях загрязняющих веществ возникает эффект синергизма, т. е. усиление токсичности всей газообразной смеси.

Широко известно действие на человеческий организм оксида углерода (угарного газа). При остром отравлении появляется общая слабость, головокружение, тошнота, сонливость, потеря сознания, возможен летальный исход (даже спустя три—семь дней). Однако из-за низкой концентрации CO в атмосферном воздухе он, как правило, не вызывает массовых отравлений, хотя и очень опасен для лиц, страдающих анемией и сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Среди взвешенных твердых частиц наиболее опасны частицы размером менее 5 мкм, которые способны проникать в лимфатические узлы, задерживаться в альвеолах легких, засорять слизистые оболочки.

Весьма неблагоприятные последствия, которые могут сказываться на огромном интервале времени, связаны и с такими незначительными по объему выбросами, как свинец, бенз(а)пирен, фосфор, кадмий, мышьяк, кобальт и др. Они угнетают кроветворную систему, вызывают онкологические заболевания, снижают сопротивление организма инфекциям и т. д. Пыль, содержащая соединения свинца и ртути, обладает мутагенными свойствами и вызывает генетические изменения в клетках организма.

Последствия воздействия на организм человека вредных веществ, содержащихся в выхлопных газах автомобилей, весьма серьезны и имеют широчайший диапазон действия — от кашля до летального исхода (табл. 3.4). Тяжелые последствия в организме живых существ вызывает и ядовитая смесь дыма, тумана и пыли — *смог*. Различают два типа смога: зимний (лондонский тип) и летний (лос-анджелесский тип).

**Влияние выхлопных газов автомобилей на здоровье человека
(по Х. Ф. Френчу, 1992)**

Вредные вещества	Последствия воздействия на организм человека
Оксид углерода	Препятствует абсорбированию кровью кислорода, что ослабляет мыслительные способности, замедляет рефлексы, вызывает сонливость и может быть причиной потери сознания и смерти
Свинец	Влияет на кровеносную, нервную и мочеполовую системы; вызывает, вероятно, снижение умственных способностей у детей, откладывается в костях и других тканях, поэтому опасен в течение длительного времени
Оксиды азота	Могут увеличивать восприимчивость организма к вирусным заболеваниям (типа гриппа), раздражают легкие, вызывают бронхит и пневмонию
Озон	Раздражает слизистую оболочку органов дыхания, вызывает кашель, нарушает работу легких; снижает сопротивляемость к простудным заболеваниям; может обострять хронические заболевания сердца, а также вызывать астму, бронхит
Токсичные выбросы (тяжелые металлы)	Вызывают рак, нарушение функций половой системы и дефекты у новорожденных

Лондонский тип смога возникает зимой в крупных промышленных городах при неблагоприятных погодных условиях (отсутствие ветра и температурная инверсия). Температурная инверсия проявляется в повышении температуры воздуха с высотой в некотором слое атмосферы (обычно в интервале 300—400 м от поверхности земли) вместо обычного понижения. В результате циркуляция атмосферного воздуха резко нарушается, дым и загрязняющие вещества не могут подняться вверх и не рассеиваются. Нередко возникают туманы. Концентрации оксидов серы, взвешенной пыли, оксида углерода достигают опасных для здоровья человека уровней, приводят к расстройству кровообращения, дыхания, а нередко и к смерти. В 1952 г. в Лондоне от смога с 3 по 9 декабря погибло более 4 тыс. человек, до 10 тыс. человек тяжело заболели. В конце 1962 г. в Руре (ФРГ) смог убил за три дня 156 человек. Рассеять смог может только ветер, а сгладить смогоопасную ситуацию — сокращение выбросов загрязняющих веществ.

Лос-анжелесский тип смога, или фотохимический смог, не менее опасен, чем лондонский. Возникает он летом при интенсивном воздей-

вии солнечной радиации на воздух, насыщенный, а вернее перенасыщенный выхлопными газами автомобилей. В Лос-Анджелесе, выхлопные газы более четырех миллионов автомобилей выбрасывают только оксидов азота в количестве более чем тысяча тонн в сутки. При очень слабом движении воздуха или безветрии в воздухе в этот период идут сложные реакции с образованием новых высокотоксичных загрязнителей — фотооксидантов (озон, органические перекиси, нитриты и др.), которые раздражают слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта, легких и органов зрения. Только в одном городе (Токио) смог вызвал отравление 10 тыс. человек в 1970 г. и 28 тыс. — в 1971 г. По официальным данным, в Афинах в дни смога смертность в шесть раз выше, чем в дни относительно чистой атмосферы. В некоторых наших городах (Кемерово, Ангарск, Новокузнецк, Медногорск и др.), особенно в тех, которые расположены в низинах, в связи с ростом числа автомобилей и увеличением выброса выхлопных газов, содержащих оксид азота, вероятность образования фотохимического смога увеличивается.

Антропогенные выбросы загрязняющих веществ в больших концентрациях и в течение длительного времени наносят большой вред не только человеку, но отрицательно влияют на животных, состояние растений и экосистем в целом.

В экологической литературе описаны случаи массового отравления диких животных, птиц, насекомых при выбросах вредных загрязняющих веществ большой концентрации (особенно залповых). Так например, установлено, что при оседании на медоносных растениях некоторых токсичных видов пыли наблюдается заметное повышение смертности пчел. Что касается крупных животных, то находящаяся в атмосфере ядовитая пыль поражает их в основном через органы дыхания, а также поступая в организм вместе со съеденными запыленными растениями.

В растения токсичные вещества поступают различными способами. Установлено, что выбросы вредных веществ действуют как непосредственно на зеленые части растений, попадая через устьица в ткани, разрушая хлорофилл и структуру клеток, так и через почву на корневую систему. Так например, загрязнение почвы пылью токсичных металлов, особенно в соединении с серной кислотой, губительно действует на корневую систему, а через нее и на все растение.

Загрязняющие газообразные вещества по-разному влияют на состояние растительности. Одни лишь слабо повреждают листья, хвоинки, побеги (окись углерода, этилен и др.), другие действуют на растения губительно (диоксид серы, хлор, пары ртути, аммиак, цианистый водород и др.) (табл. 3.5). Особенно опасен для растений диоксид серы (SO_2), под воздействием которого гибнут многие деревья, и в первую очередь хвойные — сосны, ели, пихты, кедр.

**Токсичность загрязнителей воздуха для растений
(Бондаренко,1985)**

Вредные вещества	Характеристика
Диоксид серы	Основной загрязнитель, яд для ассимиляционных органов растений, действует на расстоянии до 30 км
Фтористый водород и четырехфтористый кремний	Токсичны даже в небольших количествах, склонны к образованию аэрозолей, действуют на расстоянии до 5 км
Хлор, хлористый водород	Повреждают в основном на близком расстоянии
Соединения свинца, углеводороды, оксид углерода, оксиды азота	Заражают растительность в районах высокой концентрации промышленности и транспорта
Сероводород	Клеточный и ферментный яд
Аммиак	Повреждает растения на близком расстоянии

В результате воздействия высокотоксичных загрязнителей на растения отмечается замедление их роста, образование некроза на концах листьев и хвоинок, выход из строя органов ассимиляции и т. д. Увеличение поверхности поврежденных листьев может привести к снижению расхода влаги из почвы, общей её переувлажненности, что неизбежно скажется на среде её обитания.

Способна ли растительность восстановиться после снижения воздействия вредных загрязняющих веществ? Во многом это будет зависеть от восстанавливающей способности оставшейся зеленой массы и общего состояния природных экосистем. В то же время следует заметить, что невысокие концентрации отдельных загрязнителей не только не вредят растениям, но и, как например, кадмиевая соль, стимулируют прорастание семян, прирост древесины, рост некоторых органов растений.

К важнейшим экологическим последствиям глобального загрязнения атмосферы относятся:

- 1) возможное потепление климата («парниковый эффект»);
- 2) нарушение озонового слоя;
- 3) выпадение кислотных дождей.

Большинство ученых в мире рассматривают их как крупнейшие экологические проблемы современности.

Возможное потепление климата («парниковый эффект»)

В настоящее время наблюдаемое изменение климата, которое выражается в постепенном повышении среднегодовой температуры, начиная со второй половины прошлого века, большинство ученых связывают с накоплениями в атмосфере так называемых «парниковых газов» — диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), хлорфторуглеродов (фреонов), озона (O_3), оксидов азота и др.

Парниковые газы, и в первую очередь CO_2 , препятствуют длинноволновому тепловому излучению с поверхности Земли. По Г. Хефлингу (1990), атмосфера, насыщенная парниковыми газами, действует как крыша теплицы. Она, с одной стороны, пропускает внутрь большую часть солнечного излучения, с другой — почти не пропускает наружу тепло, переизлучаемое Землей.

Парниковый эффект – это удержание значительной части тепловой энергии Солнца у земной поверхности.

В связи со сжиганием человеком все большего количества ископаемого топлива – нефти, газа, угля и др. (ежегодно более 9 млрд. т условного топлива) — концентрация CO_2 в атмосфере постоянно увеличивается. За счет выбросов в атмосферу при промышленном производстве и в быту растет содержание фреонов (хлорфторуглеродов). На 1—1,5% в год увеличивается содержание метана (выбросы из подземных горных выработок, сжигание биомассы, выделения крупным рогатым скотом и др.). В меньшей степени растет содержание в атмосфере и оксида азота (на 0,3% ежегодно).

Следствием увеличения концентраций этих газов, создающих «парниковый эффект», является рост средней глобальной температуры воздуха у земной поверхности. За последние 100 лет наиболее теплыми были 1980, 1981, 1983, 1987 и 1988 гг. В 1988 г. среднегодовая температура оказалась на 0,4 °C выше, чем в 1950—1980 гг. Расчеты некоторых ученых показывают, что в 2005 г. она будет на 1,3 °C больше, чем в 1950—1980 гг. В докладе, подготовленном под эгидой ООН международной группой по проблемам климатических изменений, утверждается, что к 2100 г. температура на Земле увеличится на 2—4 градуса. Масштабы потепления за этот относительно короткий срок будут сопоставимы с потеплением, произошедшим на Земле после ледникового периода, а значит, экологические последствия могут быть катастрофическими. В первую очередь это связано с предполагаемым повышением уровня Мирового океана, вследствие таяния полярных льдов, сокращения площадей горного оледенения и т. д. Моделируя экологические последствия повышения уровня океана всего лишь на 0,5—2,0 м к концу XXI в., ученые установили, что это неизбежно

приведет к нарушению климатического равновесия, затоплению приморских равнин в более чем 30 странах, деградации многолетнемерзлых пород, заболачиванию обширных территорий и к другим неблагоприятным последствиям.

Однако ряд ученых видят в предполагаемом глобальном потеплении климата и положительные экологические последствия (Вронский, 1993; Парниковый эффект..., 1989). Повышение концентрации CO_2 в атмосфере и связанное с ним увеличение фотосинтеза, а также возрастание увлажнения климата могут, по их мнению, привести к увеличению продуктивности как естественных фитоценозов (лесов, лугов, саванн и др.), так и агроценозов (культурных растений, садов, виноградников и др.).

По вопросу о степени влияния парниковых газов на глобальное потепление климата также нет единства во мнениях. Так, в отчете Межправительственной группы экспертов по проблеме изменения климата (1992 г.) отмечается, что наблюдающееся в последнее столетие потепление климата на $0,3—0,6$ °C могло быть обусловлено преимущественно природной изменчивостью ряда климатических факторов.

В связи с этими данными академик К. Я. Кондратьев (1993) считает, что нет никаких оснований для одностороннего увлечения стереотипом «парникового» потепления и выдвижения задачи по сокращению выбросов парниковых газов как центральной в проблеме предотвращения нежелательных изменений глобального климата.

По его мнению, важнейшим фактором антропогенного воздействия на глобальный климат является деградация биосферы, а следовательно, в первую очередь необходимо заботиться о сохранении биосферы как основного фактора глобальной экологической безопасности. Человек, используя мощность порядка 10 ТВт, разрушил или сильно нарушил на 60% суши нормальное функционирование естественных сообществ организмов. В результате из биогенного круговорота веществ изъята значительная их масса, которая ранее затрачивалась биотой на стабилизацию климатических условий. На фоне постоянного сокращения площадей с ненарушенными сообществами деградированная, резко снизившая свою ассимилирующую емкость биосфера становится важнейшим источником повышенного выброса в атмосферу диоксида углерода и других парниковых газов.

На Международной конференции в Торонто (Канада) в 1985 г. перед энергетикой всего мира поставлена задача сократить к 2005 г. на 20% промышленные выбросы углерода в атмосферу. Но очевидно, что ощутимый экологический эффект может быть получен лишь при сочетании этих мер с глобальным направлением экологической политики — максимальным сохранением сообществ организмов, природных экосистем и всей биосферы Земли.

Нарушение озонового слоя. Озоновый слой (озоносфера) охватывает весь земной шар и располагается на высотах от 10 до 50 км с макси-

мальной концентрацией озона на высоте 20—25 км. Насыщенность атмосферы озоном постоянно меняется в любой части планеты, достигая максимума весной в приполярной области.

Впервые истощение озонового слоя привлекло внимание широкой общественности в 1985 г., когда над Антарктидой было обнаружено пространство с пониженным (до 50%) содержанием озона, получившее название «озоновой дыры». С тех пор результаты измерений подтверждают повсеместное уменьшение озонового слоя практически на всей планете. Так например, в России за последние десять лет концентрация озонового слоя снизилась на 4—6% в зимнее время и на 3% — в летнее.

В настоящее время истощение озонового слоя признано всеми как серьезная угроза глобальной экологической безопасности. Снижение концентрации озона ослабляет способность атмосферы защищать все живое на Земле от жесткого ультрафиолетового излучения (УФ - радиация). Живые организмы весьма уязвимы для ультрафиолетового излучения, ибо энергии даже одного фотона из этих лучей достаточно, чтобы разрушить химические связи в большинстве органических молекул. Не случайно поэтому в районах с пониженным содержанием озона многочисленны солнечные ожоги, наблюдается увеличение заболевания людей раком кожи и др. Так например, по мнению ряда ученых-экологов, к 2030 г. в России при сохранении нынешних темпов истощения озонового слоя заболеют раком кожи дополнительно 6 млн. человек. Кроме кожных заболеваний, возможно развитие глазных болезней (катаракта и др.), подавление иммунной системы и т. д.

Одноклеточные и микроорганизмы подвержены опасности в большей степени, чем крупные животные, потому что УФ - свет проникает только в поверхностные слои клеток.

УФ - излучение проникает в глубь океана только на несколько метров, но это тот самый слой, где живет большая часть морских микроорганизмов. Эти небольшие плавучие растения и животные особенно чувствительны к УФ - радиации. Кроме того, они являются основой большинства пищевых цепей в океане. Вот почему увеличение УФ - радиации может нанести значительный ущерб многим популяциям, живущим в океане.

Облучение ультрафиолетом уменьшает площадь поверхности листьев, высоту растений и интенсивность фотосинтеза в зеленых растениях. Различные сельскохозяйственные злаки реагируют на воздействие УФ - излучения по-разному, но у 2/3 изученных злаков снижается урожайность. Например, исследование влияния УФ - света на соевые бобы показало, что разрушение озонового слоя на 1% снижает их урожайность на 1%.

Культурные растения, по-видимому, более чувствительны к УФ - излучению, чем дикие.

У живых организмов существует много способов самозащиты от УФ - излучения, например пигментация, шерсть, чешуя, механизм восстановления поврежденных ДНК, поведение, помогающее спрятать чувстви-

ные места от яркого солнечного света. Эти механизмы и приспособления у одних организмов развиты лучше, чем у других. Вот почему результатом разрушения озонового слоя для одних популяций будет уменьшение их численности или вымирание, для других, напротив, увеличение численности. При этом может нарушиться баланс между численностью травоядных и запасами корма, или между количеством вредителей и тех, кто их пожирает, или между численностью паразитов и их хозяев. Реакцию каждой экосистемы на истощение озонового слоя невозможно предсказать, особенно если в это же время произойдут другие изменения, например, изменение климата.

Наука еще до конца не установила, каковы же основные процессы, нарушающие озоновый слой. Предполагается как естественное, так и антропогенное происхождение «озоновых дыр». Последнее, по мнению большинства ученых, более вероятно и связано с повышенным содержанием хлорфторуглеродов (фреонов). Фреоны широко применяются в промышленном производстве и в быту (хладоагрегаты, растворители, распылители, аэрозольные упаковки и др.). Поднимаясь в атмосферу, фреоны разлагаются с выделением оксида хлора, губительно действующего на молекулы озона.

По данным Международной экологической организации «Гринпис», основными поставщиками хлорфторуглеродов (фреонов) являются США— 30,85%, Япония— 12,42%, Великобритания — 8,62% и Россия — 8,0%. США пробрили в озоновом слое «дыру» площадью 7 млн. км², Япония — 3 млн. км², что в семь раз больше, чем площадь самой Японии. В последнее время в США и в ряде западных стран построены заводы по производству новых видов хладореагентов (гидрохлорфторуглеродов) с низким потенциалом разрушения озонового слоя.

Согласно протоколу Монреальской конференции (1990 г.), пересмотренному затем в Лондоне (1991 г.) и Копенгагене (1992 г.), предусматривалось снижение выбросов хлорфторуглерода к 1998 г. на 50%. Согласно ст. 56 Закона Российской Федерации об охране окружающей природной среды, в соответствии с международными соглашениями все организации и предприятия обязаны сократить и в последующем полностью прекратить производство и использование озоноразрушающих веществ. Даже если протокол будет выполнен всеми странами, необходимо продолжать решать проблему защиты людей от УФ - радиации, поскольку многие из хлорфторуглеродов могут сохраняться в атмосфере сотни лет.

Ряд ученых продолжают настаивать на естественном происхождении «озоновой дыры». Причины её возникновения одни видят в естественной изменчивости озоносферы, циклической активности Солнца, другие связывают эти процессы с рифтогенезом и дегазацией Земли.

Кислотные дожди. Одна из важнейших экологических проблем, с которой связывают окисление природной среды, — кислотные дожди. Образуются они при промышленных выбросах в атмосферу диоксида серы и оксидов азота, которые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют серную и азотную кислоты (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Кислотные дожди: их причина и вредное влияние

В результате дождь и снег оказываются подкисленными (число pH ниже 5,6). В Баварии (ФРГ) в августе 1981 г. выпадали дожди с кислотностью pH= 3,5. Максимальная зарегистрированная кислотность осадков в Западной Европе — pH=2,3.

Суммарные мировые антропогенные выбросы двух главных загрязнителей воздуха — виновников подкисления атмосферной влаги — SO₂ и NO₃ составляют ежегодно более 255 млн. т (1994 г.). На огромной территории природная среда закисляется, что весьма негативно отражается на состоянии всех экосистем. Выяснилось, что природные экосистемы подвергаются разрушению даже при меньшем уровне загрязнения воздуха, чем тот, который опасен для человека.

Опасность представляют, как правило, не сами кислотные осадки, а протекающие под их влиянием процессы. Под действием кислотных осадков из почвы выщелачиваются не только жизненно необходимые растениям питательные вещества, но и токсичные тяжелые и легкие металлы: свинец, кадмий, алюминий и др. Впоследствии они сами или образующиеся

токсичные соединения усваиваются растениями и другими почвенными организмами, что ведет к весьма негативным последствиям. Например, возрастание в подкисленной воде содержания алюминия всего лишь до 0,2 мг на один литр летально для рыб. Резко сокращается развитие фитопланктона, так как фосфаты, активизирующие этот процесс, соединяются с алюминием и становятся менее доступными для усвоения. Алюминий снижает также прирост древесины. Токсичность тяжелых металлов (кадмия, свинца и др.) проявляется еще в большей степени.

Пятьдесят миллионов гектаров леса в 25 европейских странах страдают от действия сложной смеси загрязняющих веществ, включающей кислотные дожди, озон, токсичные металлы и др. Так например, гибнут хвойные горные леса в Баварии. Отмечены случаи поражения хвойных и лиственных лесов в Карелии, Сибири и в других районах нашей страны.

Воздействие кислотных дождей снижает устойчивость лесов к засухам, болезням, природным загрязнениям, что приводит к еще более выраженной их деградации как природных экосистем.

Ярким примером негативного воздействия кислотных осадков на природные экосистемы является закисление озер. Особенно интенсивно оно происходит в Канаде, Швеции, Норвегии и на юге Финляндии (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Закисление озер в мире

Страна	Состояние озер
Канада	Более 14 тыс. озер сильно закислены; каждому седьмому озеру на востоке страны нанесен биологический ущерб
Норвегия	В водоемах общей площадью 13 тыс. км ² уничтожена рыба и еще на 20 тыс. км ² – поражена
Швеция	В 14 тыс. озер уничтожены наиболее чувствительные к уровню кислотности виды; 2 200 озер практически безжизненны
Финляндия	8% озер не обладают способностью к нейтрализации кислоты. Наиболее закисленные озера - в южной части страны
США	В стране около 1 тыс. подкисленных озер и 3 тыс. почти кислотных. 522 озера имеют сильную кислотную среду и 964 находятся на грани этого

Объясняется это тем, что значительная часть выбросов серы в таких промышленно развитых странах, как США, ФРГ и Великобритании, выпадают именно на их территории (рис. 3.6).

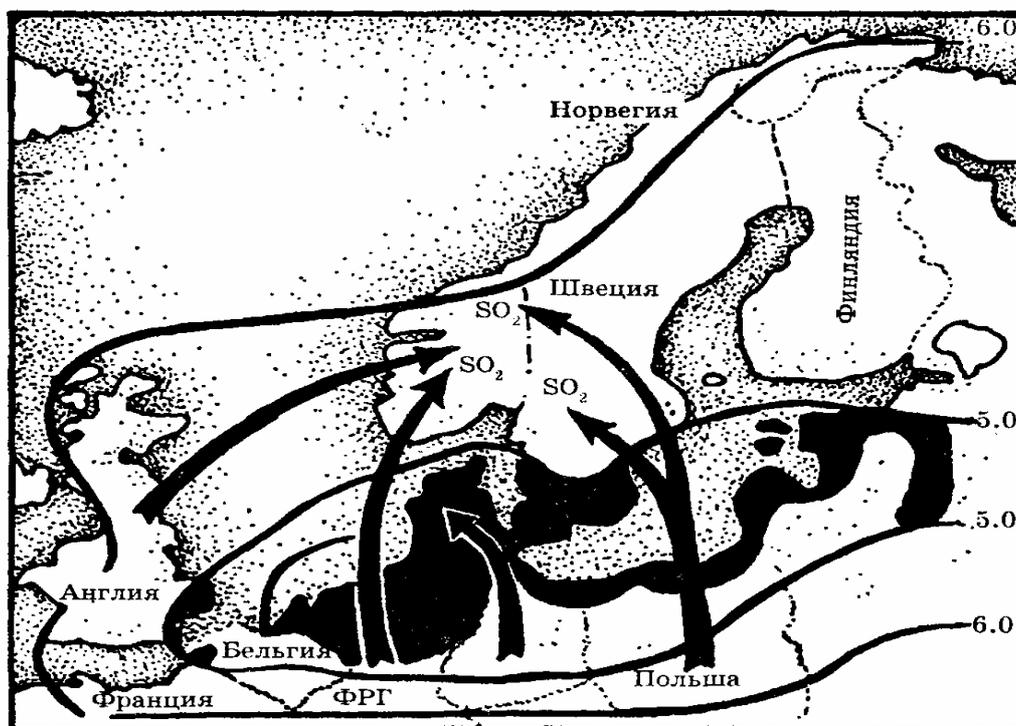


Рис. 3.6. Загрязнение (окисление) почвы в странах Северной Европы вследствие выпадения «кислотных» дождей, переносимых из промышленных районов Англии, ФРГ и Польши большое количество оксидов серы (SO₂). Цифрами показана кислотность поверхностных вод

Наиболее уязвимы в этих странах озера, так как коренные породы, слагающие их ложе, обычно представлены гранито-гнейсами и гранитами, не способными нейтрализовать кислотные осадки, в отличие, например, от известняков, которые создают щелочную среду и препятствуют закислению. Сильно закислены и многие озера на севере США.

Закисление озер опасно не только для популяций различных видов рыб (в том числе лососевых, сиговых и др.), но часто влечет за собой постепенную гибель планктона, многочисленных видов водорослей и других его обитателей. Озера становятся практически безжизненными.

В нашей стране площадь значительного закисления от выпадения кислотных осадков достигает нескольких десятков миллионов гектаров. Отмечены и частные случаи закисления озер (Карелия и др.). Повышенная кислотность осадков наблюдается вдоль западной границы (трансграничный перенос серы и других загрязняющих веществ) и на территории ряда

крупных промышленных районов, а также фрагментарно на побережье Таймыра и Якутии.

От кислотных осадков страдают не только обитатели водоемов, почвы и растения. Человек реагирует на наличие сернистого газа при его концентрации в воздухе около 50 мкг/м^3 .

3.6. Антропогенные воздействия на гидросферу

Существование биосферы и человека всегда было основано на использовании воды. Человечество постоянно стремилось к увеличению водопотребления, оказывая на гидросферу огромное многообразное давление.

На нынешнем этапе развития техносферы, когда в мире еще в большей степени возрастает воздействие человека на биосферу, а природные системы в значительной степени утратили свои защитные свойства, очевидно, необходимы новые подходы, «осознание реальностей и тенденций, появившихся в мире в отношении природы в целом и ее составляющих» (Лосев, 1989). В полной мере это относится к осознанию такого страшного зла, каким является в наше время загрязнение и истощение поверхностных и подземных вод.

Загрязнение гидросферы

Под загрязнением водоемов понимают снижение их биосферных функций и экологического значения в результате поступления в них вредных веществ.

Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода воздуха, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей. Россия обладает одним из самых высоких водных потенциалов в мире — на каждого жителя России приходится свыше $30000 \text{ м}^3/\text{год}$ воды. Однако в настоящее время из-за загрязнения или засорения около 70% рек и озер России утратили свои качества как источника питьевого водоснабжения, в результате около половины населения потребляют загрязненную недоброкачественную воду.

Нарушено исторически сложившееся равновесие в водной среде Байкала — уникальнейшем озере нашей планеты, которое, по подсчетам ученых, могло бы обеспечить чистой водой все человечество в течение почти полувека. Только за последние 15 лет загрязнено более 100 км^3 байкальской воды. На акваторию озера ежегодно поступает более 8500 т нефтепродуктов, 750 т нитратов, 13 тыс. т хлоридов и других загрязнителей. Ученые полагают, что только размеры озера и огромный объем вод-

ной массы, а также способность биоты участвовать в процессах самоочищения спасают экосистему Байкала от полной деградации.

Главные загрязнители вод. Установлено, что более 400 видов веществ могут вызвать загрязнение вод. В случае превышения допустимой нормы хотя бы по одному из трех показателей вредности – санитарно-токсикологическому, общесанитарному или органолептическому – вода считается загрязненной.

Различают химические, биологические и физические загрязнители. Среди химических загрязнителей к наиболее распространенным относят нефть и нефтепродукты, СПАВ (синтетические поверхностно-активные вещества), пестициды, тяжелые металлы, диоксины и др. (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Главные загрязнители воды

Химические загрязнители	Биологические загрязнители	Физические загрязнители
Кислоты Щелочи Соли Нефть и нефтепродукты Пестициды Диоксины Тяжелые металлы Фенолы Аммонийный и нитритный азот	Вирусы Бактерии Другие болезнетворные организмы Водоросли Лигнины Дрожжевые и плесневые грибки	Радиоактивные элементы Взвешенные твердые частицы Тепло Органолептические (цвет, запах) Шлам Песок Ил

Очень опасно загрязняют воду биологические загрязнители, например, вирусы и другие болезнетворные микроорганизмы, и физические — радиоактивные вещества, тепло и др.

Основные виды загрязнения вод. Наиболее часто встречается химическое и бактериальное загрязнение. Значительно реже наблюдается радиоактивное, механическое и тепловое загрязнение.

Химическое загрязнение — наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть органическим (фенолы, нафтенческие кислоты, пестициды и др.) и неорганическим (соли, кислоты, щелочи), токсичным (мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия и др.) и нетоксичным. При осаждении на дно водоемов или при фильтрации в пласте вредные химические вещества сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок, и т. д., однако, как правило, пол-

ного самоочищения загрязненных вод не происходит. Очаг химического загрязнения подземных вод в сильно проницаемых грунтах может распространяться до 10 км и более.

Бактериальное загрязнение выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов (до 700 видов), простейших, грибов и др. Этот вид загрязнений носит временный характер.

Весьма опасно содержание в воде, даже при очень малых концентрациях, радиоактивных веществ, вызывающих **радиоактивное загрязнение**. Наиболее вредны «долгоживущие» радиоактивные элементы, обладающие повышенной способностью к передвижению в воде (стронций-90, уран, радий-226, цезий и др.). Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов на дне и др. В подземные воды уран, стронций и другие элементы попадают как в результате выпадения их на поверхность земли в виде радиоактивных продуктов и отходов и последующего просачивания в глубь земли вместе с атмосферными водами, так и в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами.

Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, ил и др.). Механические примеси могут значительно ухудшать органолептические показатели вод.

Применительно к поверхностным водам выделяют еще их загрязнение (а точнее, засорение) твердыми отходами (мусором), остатками лесосплава, промышленными и бытовыми отходами, которые ухудшают качество вод, отрицательно влияют на условия обитания рыб, состояние экосистем.

Тепловое загрязнение связано с повышением температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами. Так например, известно, что на площадке Кольской атомной станции, расположенной за Полярным кругом, через 7 лет после начала эксплуатации температура подземных вод повысилась с 6 до 19 °С вблизи главного корпуса. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава в водах, что ведет к размножению анаэробных бактерий, росту гидробионтов и выделению ядовитых газов: сероводорода, метана. Одновременно происходит «цветение» воды, а также ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны, что способствует развитию других видов загрязнения. По существующим санитарным нормам температура водоема не должна повышаться более чем на 3 °С летом и 5 °С зимой, а тепловая нагрузка на водоем не должна превышать 12—17 кДж/м³.

Основные источники загрязнения поверхностных и подземных вод. Процессы загрязнения поверхностных вод обусловлены различными факторами. К основным из них относятся:

- 1) сброс в водоемы неочищенных сточных вод;

- 2) смыв ядохимикатов ливневыми осадками;
- 3) газодымовые выбросы;
- 4) утечки нефти и нефтепродуктов.

Наибольший вред водоемам и водотокам причиняет выпуск в них неочищенных сточных вод — промышленных, коммунально-бытовых, коллекторно-дренажных и др.

Промышленные сточные воды загрязняют экосистемы самыми разнообразными компонентами (табл. 3.8) в зависимости от специфики отраслей промышленности. Следует заметить, что в настоящее время объем сброса промышленных сточных вод во многие водные экосистемы не только не уменьшается, но и продолжает расти.

Таблица 3.8

**Приоритетные загрязнители водных экосистем
по отраслям промышленности**

Отрасль промышленности	Преобладающий вид загрязняющих компонентов
Нефтегазодобыча, нефтепереработка	Нефтепродукты, СПАВ, фенолы, аммонийные соли, сульфиды
Целлюлозно-бумажный комплекс, лесная промышленность	Сульфаты, органические вещества, лигнины, смолистые и жирные вещества, азот
Машиностроение, металлообработка, металлургия	Тяжелые металлы, взвешенные вещества, фториды, цианиды, аммонийный азот, нефтепродукты, фенолы, смолы
Химическая промышленность	Фенолы, нефтепродукты, СПАВ, ароматические углеводороды, неорганика
Горнодобывающая, угольная	Флотореагенты, неорганика, фенолы, взвешенные вещества
Легкая, текстильная, пищевая	СПАВ, нефтепродукты, органические красители, другие органические вещества

Коммунально-бытовые сточные воды в больших количествах поступают из жилых и общественных зданий, прачечных, столовых, больниц, и т. д. В сточных водах этого типа преобладают различные органические вещества, а также микроорганизмы, что может вызвать бактериальное загрязнение.

Огромное количество таких опасных загрязняющих веществ, как пестициды, аммонийный и нитратный азот, фосфор, калий и др., смываются

ся с сельскохозяйственных территорий, включая площади, занимаемые животноводческими комплексами. По большей части они попадают в водоемы и в водотоки без какой-либо очистки, а поэтому имеют высокую концентрацию органического вещества, биогенных элементов и других загрязнителей.

Значительную опасность представляют газодымовые соединения (аэрозоли, пыль и т. д.), оседающие из атмосферы на поверхность водосборных бассейнов и непосредственно на водные поверхности. Плотность выпадения, например, аммонийного азота на европейской территории России оценивается в среднем $0,3 \text{ т/км}^2$, а серы от $0,25$ до $2,0 \text{ т/км}^2$.

Огромны масштабы нефтяного загрязнения природных вод. Миллионы тонн нефти ежегодно загрязняют морские и пресноводные экосистемы при авариях нефтеналивных судов, на нефтепромыслах в прибрежных зонах, при сбросе с судов балластных вод и т. д.

Кроме поверхностных вод, постоянно загрязняются и подземные воды, в первую очередь в районах крупных промышленных центров. Источники загрязнения подземных вод весьма разнообразны (рис. 3.7).

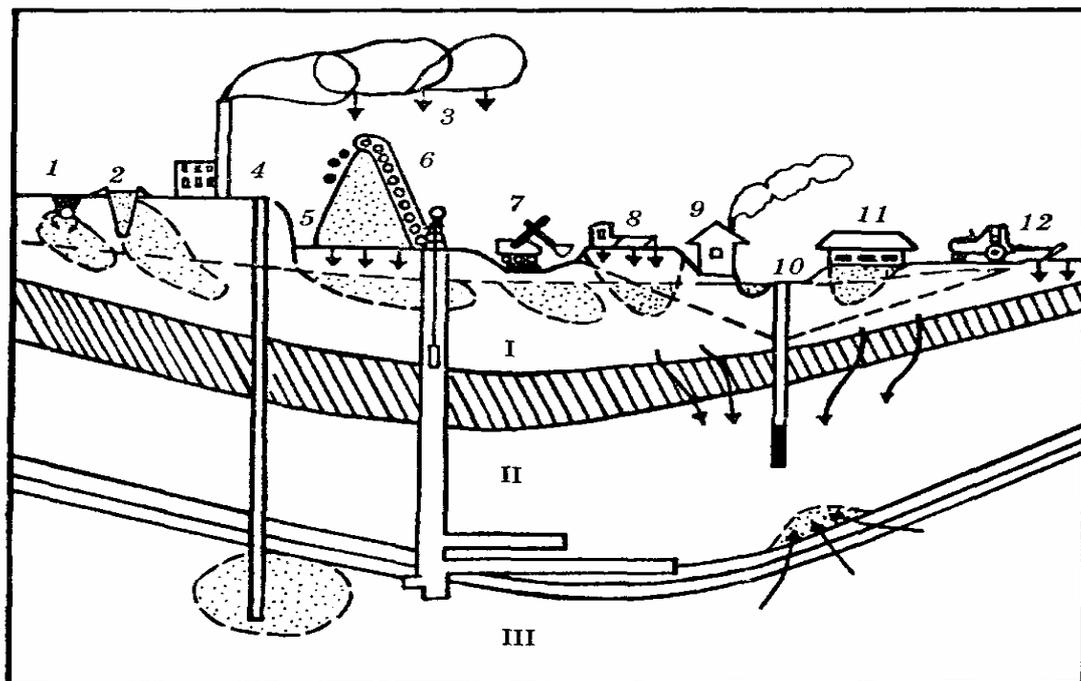


Рис. 3.7. Схема источников загрязнения подземных вод:

I — грунтовые воды, II — напорные пресные воды, III — напорные соленые воды: 1 — трубопроводы, 2 — хвостохранилище, 3 — дымовые и газовые выбросы, 4 — подземные захоронения промстоков, 5 — шахтные воды, 6 — терриконы, 7 — карьерные воды, 8 — заправочные станции, 9 — бытовое загрязнение, 10 — водозабор, подтягивающий соленые воды, 11 — объекты животноводства, 12 — внесение удобрений и пестицидов

Загрязняющие вещества могут проникать к подземным водам различными путями: при просачивании промышленных и хозяйственно-бытовых стоков из хранилищ, прудов-накопителей, отстойников и др., по затрубному пространству неисправных скважин, через поглощающие скважины, карстовые воронки и т. д.

К естественным источникам загрязнения относят сильно минерализованные (соленые и рассолы) подземные воды или морские воды, которые могут внедряться в пресные незагрязненные воды при эксплуатации водозаборных сооружений и откачке воды из скважин.

Важно подчеркнуть, что загрязнения подземных вод не ограничиваются площадью промышленных предприятий, хранилищ отходов и т. д., а распространяются вниз по течению потока на расстояния до 20—30 км и более от источника загрязнения. Это создает реальную угрозу для питьевого водоснабжения в этих районах.

Следует также иметь в виду, что загрязнение подземных вод негативно сказывается и на экологическом состоянии поверхностных вод, атмосферы, почв, других компонентов природной среды. Например, загрязняющие вещества, находящиеся в подземных водах, могут выноситься фильтрационным потоком в поверхностные водоемы и загрязнять их. Как подчеркивают многие ученые, круговорот загрязняющих веществ в системе поверхностных и подземных вод предопределяет единство природоохранных и водоохранных мер, и их нельзя разрывать. В противном случае меры по охране подземных вод вне связи с мерами по защите других компонентов природной среды будут неэффективными.

Экологические последствия загрязнения гидросферы. Загрязнение водных экосистем представляет огромную опасность для всех живых организмов и, в частности, для человека.

Пресноводные экосистемы. Установлено, что под влиянием загрязняющих веществ в пресноводных экосистемах отмечается падение их устойчивости вследствие нарушения пищевой пирамиды и ломки сигнальных связей в биоценозе, микробиологического загрязнения, эвтрофирования и других крайне неблагоприятных процессов. Они снижают темпы роста гидробионтов, их плодовитость, а в ряде случаев приводят к их гибели.

Наиболее изучен процесс эвтрофирования водоемов. Этот естественный процесс, характерный для всего геологического прошлого планеты, обычно протекает очень медленно и постепенно, однако в последние десятилетия, в связи с возросшим антропогенным воздействием, скорость его развития резко увеличилась.

Ускоренная, или так называемая антропогенная, эвтрофикация связана с поступлением в водоемы значительного количества биогенных веществ: азота, фосфора и других элементов в виде удобрений, моющих ве-

ществ, отходов животноводства, атмосферных аэрозолей и т. д. В современных условиях эвтрофикация водоемов протекает в значительно менее продолжительные сроки — несколько десятилетий и менее.

Антропогенное эвтрофирование весьма отрицательно влияет на пресноводные экосистемы, приводя к перестройке структуры трофических связей гидробионтов, резкому возрастанию биомассы фитопланктона благодаря массовому размножению сине-зеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды, ухудшающих её качество и условия жизни гидробионтов (к тому же выделяющих опасные не только для гидробионтов, но и для человека токсины). Возрастание массы фитопланктона сопровождается уменьшением разнообразия видов, что приводит к невозможной утрате генофонда, уменьшению способности экосистем к гомеостазу и саморегуляции.

Процессы антропогенной эвтрофикации охватывают многие крупные озера мира — Великие Американские озера, Балатон, Ладожское, Женевское и др., а также водохранилища и речные экосистемы, в первую очередь малые реки. На этих реках, кроме катастрофически растущей биомассы сине-зеленых водорослей, с берегов происходит зарастание их высшей растительностью. Сами же сине-зеленые водоросли в результате своей жизнедеятельности производят сильнейшие токсины, представляющие опасность для гидробионтов и человека.

Помимо избытка биогенных веществ на пресноводные экосистемы губительное воздействие оказывают и другие загрязняющие вещества: тяжелые металлы (свинец, кадмий, никель и др.), фенолы, СПАВ и др. Так, например, водные организмы Байкала, приспособившиеся в процессе длительной эволюции к естественному набору химических соединений притоков озера, оказались неспособными к переработке чуждых природным водам химических соединений (нефтепродуктов, тяжелых металлов, солей и др.). В результате отмечено обеднение гидробионтов, уменьшение биомассы зоопланктона, гибель значительной части популяции байкальской нерпы и др.

Морские экосистемы. Скорости поступления загрязняющих веществ в Мировой океан в последнее время резко возросли. Ежегодно в океан сбрасывается до 300 млрд. м³ сточных вод, 90% которых не подвергается предварительной очистке. Морские экосистемы подвергаются все большему антропогенному воздействию посредством химических токсиантов, которые, аккумулируясь гидробионтами по трофической цепи, приводят к гибели консументов даже высоких порядков, в том числе и наземных животных — морских птиц, например. Среди химических токсиантов наибольшую опасность для морской биоты и человека представляют нефтяные углеводороды (особенно бенз(а)пирен), пестициды и тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий и др.).



Рис. 3.8. Экологические последствия загрязнения Мирового океана

По Ю. А. Израэлю (1985 г.), экологические последствия загрязнения морских экосистем выражаются в следующих процессах и явлениях (рис. 3.8):

- нарушении устойчивости экосистем;
- прогрессирующей эвтрофикации;
- появлении «красных приливов»;
- накоплении химических токсикантов в биоте;
- снижении биологической продуктивности;
- возникновении мутагенеза и канцерогенеза в морской среде;
- микробиологическом загрязнении прибрежных районов моря.

До определенного предела морские экосистемы могут противостоять вредным воздействиям химических токсикантов, используя накопительную, окислительную и минерализующую функции гидробионтов. Так например, двустворчатые моллюски способны аккумулировать один из самых токсичных пестицидов — ДДТ и при благоприятных условиях выводить его из организма. (ДДТ, как известно, запрещен в России, США и некоторых других странах, тем не менее, он поступает в Мировой океан в значительном количестве.) Ученые доказали существование в водах Мирового океана интенсивных процессов биотрансформации опасного загрязнителя — бенз(а)пирена благодаря наличию в открытых и полузакрытых акваториях гетеротрофной микрофлоры. Установлено также, что микроорганизмы водоемов и донных отложений обладают достаточно развитым механизмом устойчивости к тяжелым металлам, в частности, они способны продуцировать сероводород, внеклеточные экзополимеры и другие вещества, которые, взаимодействуя с тяжелыми металлами, переводят их в менее токсичные формы.

В то же время в океан продолжают поступать все новые и новые токсичные загрязняющие вещества. Все более острый характер приобретают проблемы эвтрофирования и микробиологического загрязнения прибрежных зон океана. В связи с этим важное значение имеет определение допустимого антропогенного давления на морские экосистемы, изучение их ассимиляционной емкости как интегральной характеристики способности биогеоценоза к динамическому накоплению и удалению загрязняющих веществ.

Для здоровья человека неблагоприятные последствия при использовании загрязненной воды, а также при контакте с ней (купание, стирка, рыбная ловля и др.) проявляются либо непосредственно при питье, либо в результате биологического накопления по длинным пищевым цепям типа: вода — планктон — рыбы — человек или вода — почва — растения — животные — человек и др.

При непосредственном контакте человека с бактериально загрязненной водой, а также при его проживании или нахождении близ водоема различные паразиты могут проникнуть в кожу и вызвать тяжелые заболевания, особенно характерные для тропиков и субтропиков. В современных условиях увеличивается опасность и таких эпидемических заболеваний как холера, брюшной тиф, дизентерия и др.

Истощение подземных и поверхностных вод. Истощение вод следует понимать как недопустимое сокращение их запасов в пределах определенной территории (для подземных вод) или уменьшение минимально допустимого стока (для поверхностных вод). И то и другое приводит к неблагоприятным экологическим последствиям, нарушает сложившиеся экологические связи в системе человек — биосфера.

Практически во всех крупных промышленных городах мира, в том числе в Москве, Санкт-Петербурге, Киеве, Харькове, Донецке и других го-

родах, где подземные воды длительное время эксплуатировались мощными водозаборами, возникли значительные депрессионные воронки (понижения) с радиусами до 20 км и более. Так например, усиление водоотбора подземных вод в Москве привело к формированию огромной районной депрессии с глубиной до 70—80 м, а в отдельных районах города — до 110 м и более. Все это в конечном счете приводит к значительному истощению подземных вод.

По данным Государственного водного кадастра, в 90-е годы в нашей стране в процессе работы подземных водозаборов отбиралось свыше 125 млн. м³/сутки воды. В результате на значительных территориях резко изменились условия взаимосвязи подземных вод с другими компонентами природной среды, нарушилось функционирование наземных экосистем. Интенсивная эксплуатация подземных вод в районах водозаборов и мощный водоотлив из шахт, карьеров приводят к изменению взаимосвязи поверхностных и подземных вод, к значительному ущербу речному стоку, к прекращению деятельности тысяч родников, многих десятков ручьев и небольших рек. Кроме того, в связи со значительным снижением уровней подземных вод наблюдаются и другие негативные изменения экологической обстановки: осушаются заболоченные территории с большим видовым разнообразием растительности, иссушаются леса, гибнет влаголюбивая растительность — гигрофиты и др.

Так например, на Айдосском водозаборе в Центральном Казахстане произошло понижение подземных вод, которое вызвало высыхание и отмирание растительности, а также резкое сокращение транспирационного расхода (Хордикайнен, 1989). Довольно быстро отмерли гигрофиты (ива, тростник, рогоз, чиевик), частично погибли даже растения с глубоко проникающей корневой системой (полынь, шиповник, жимолость татарская и др.); выросли тугайные заросли. Искусственное понижение уровня подземных вод, вызванное интенсивной откачкой, отразилось и на экологическом состоянии прилегающих к водозабору участках долины рек. Этот же антропогенный фактор приводит к ускорению времени смены сукцессионного ряда, а также к выпадению отдельных его стадий.

Длительная интенсификация подземных водозаборов в определенных геолого-гидрогеологических условиях может вызвать медленное оседание и деформации земной поверхности. Последнее негативно сказывается на состоянии экосистем, особенно прибрежных районов, где затапливаются пониженные участки и нарушается нормальное функционирование естественных сообществ организмов и всей среды обитания человека. Истощению подземных вод способствует также длительный, неконтролируемый самоизлив артезианских вод из скважин.

Истощение поверхностных вод проявляется в прогрессирующем снижении их минимально допустимого стока. На территории России поверхностный сток воды распределяется крайне неравномерно. Около 90%

общего годового стока с территории России выносится в Северный Ледовитый и Тихий океаны, а на бассейны внутреннего стока (Каспийское и Азовское море), где проживает свыше 65% населения России, приходится менее 8% общего годового стока.

Именно в этих районах наблюдается истощение поверхностных водных ресурсов, и дефицит пресной воды продолжает расти. Связано это не только с неблагоприятными климатическими и гидрологическими условиями, но и с активизацией хозяйственной деятельности человека, которая приводит ко все более возрастающему загрязнению вод, снижению способности водоемов к самоочищению, истощению запасов подземных вод, а следовательно, к снижению родникового стока, подпитывающего водотоки и водоемы.

Серьезнейшая экологическая проблема — восстановление водности и чистоты малых рек (т. е. рек длиной не более 100 км), наиболее уязвимо-го звена в речных экосистемах. Именно они оказались наиболее восприимчивыми к антропогенному воздействию. Непродуманное хозяйственное использование водных ресурсов и прилегающих земельных угодий вызвало их истощение (а нередко и исчезновение), обмеление и загрязнение.

В настоящее время состояние малых рек и озер, особенно в европейской части России, в результате резко возросшей антропогенной нагрузки на них, катастрофическое. Сток малых рек снизился более чем наполовину, качество воды неудовлетворительное. Многие из них полностью прекратили свое существование.

К очень серьезным негативным экологическим последствиям приводит и изъятие на хозяйственные цели большого количества воды из впадающих в водоемы рек. Так, уровень некогда многоводного Аральского моря, начиная с 60-х гг., катастрофически понижается в связи с недопустимо высоким перебором воды из Амударьи и Сырдарьи. Приведенные данные свидетельствуют о нарушении закона целостности биосферы, когда изменение одного звена влечет за собой сопряженное изменение всех остальных. В результате объем Аральского моря сократился более чем наполовину, уровень моря снизился на 13 м, а соленость воды (минерализация) увеличилась в 2,5 раза.

Академик Б. Н. Ласкарин по поводу трагедии Аральского моря высказался следующим образом: «Мы остановились у самого края пропасти... Арал губили, можно сказать, целенаправленно. Существовала даже некая антинаучная гипотеза, по которой Арал считался ошибкой природы. Якобы он мешал осваивать водные ресурсы Сырдарьи и Амударьи (говорили, что, забирая их воду, Арал испаряет её в воздух). Сторонники этой идеи не думали ни о рыбе, ни о том, что Арал — центр оазиса».

Осушенное дно Аральского моря становится сегодня крупнейшим источником пыли и солей. В дельте Амударьи и Сырдарьи на месте гибнущих тугайных лесов и тростниковых зарослей появляются бесплодные солончаки.

Трансформация фитоценозов на берегу Аральского моря и в дельтах Амударьи и Сырдарьи происходит на фоне высыхания озер, проток, болот и повсеместного снижения уровня грунтовых вод, обусловленного падением уровня моря. В целом переизбыток воды из Амударьи и Сырдарьи и падение уровня моря вызвали такие экологические изменения приаральского ландшафта, которые могут быть охарактеризованы как опустынивание.

К другим весьма значительным видам воздействия человека на гидросферу, кроме истощения подземных и поверхностных вод, следует отнести создание крупных водохранилищ, коренным образом преобразующих природную среду на прилегающих территориях.

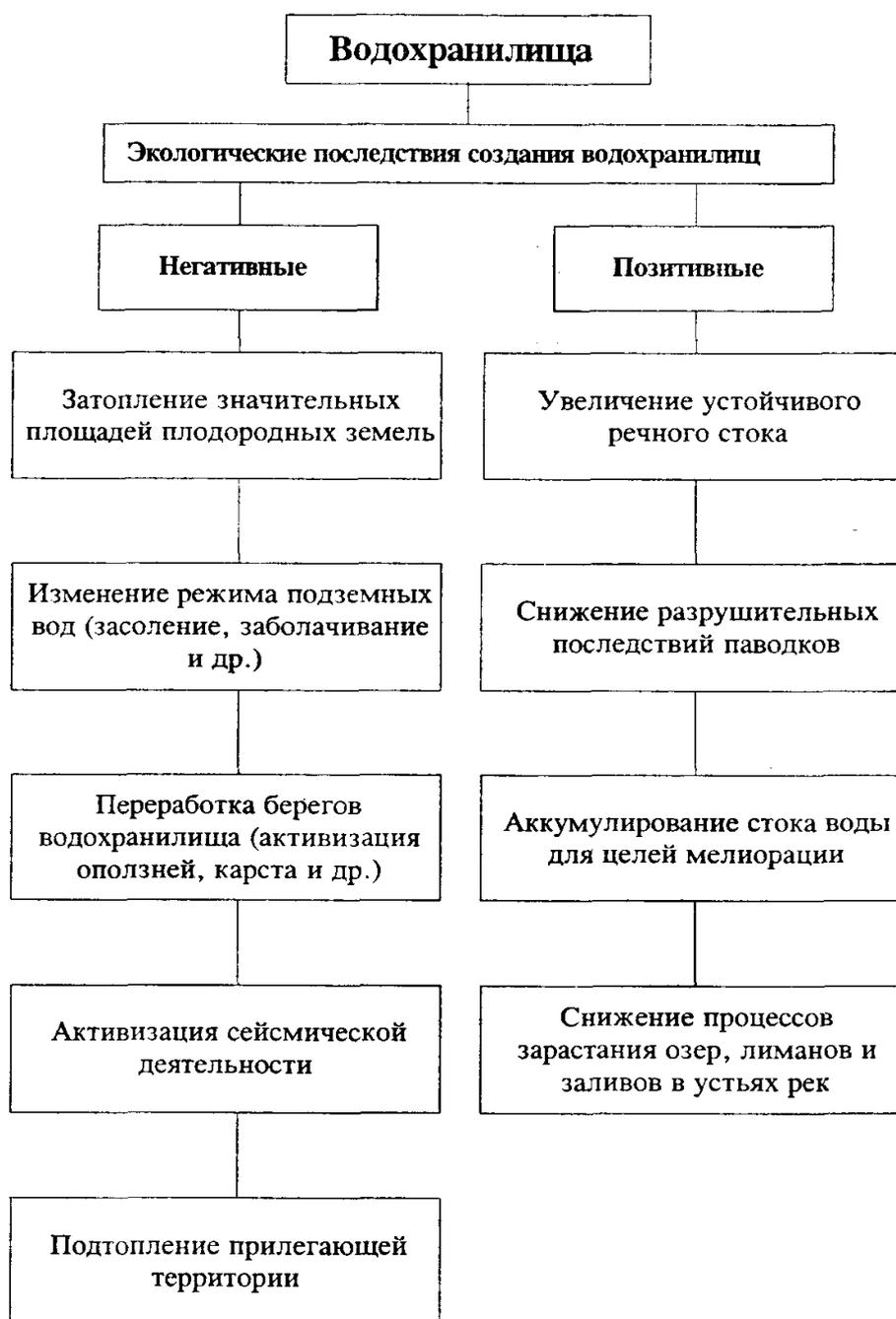


Рис. 3.9. Экологические последствия создания водохранилищ

Создание крупных водохранилищ, особенно равнинного типа, для аккумуляции и регулирования поверхностного стока приводит к разнонаправленным последствиям (рис. 3.9) в окружающей природной среде. Необходимо учитывать, что создание водохранилищ путем перегораживания русла водотоков плотинами чревато серьезными негативными последствиями для большинства гидробионтов. Из-за того, что многие нерестилища рыб оказываются отрезанными плотинами, резко ухудшается или прекращается естественное воспроизводство многих лососевых, осетровых и других проходных рыб.

3.7. Антропогенные воздействия на литосферу

Верхняя часть литосферы, которая непосредственно выступает как минеральная основа биосферы, в настоящее время подвергается все более возрастающему антропогенному воздействию. В эпоху бурного экономического развития, когда в процесс производства вовлечена практически вся биосфера планеты, человек, по гениальному предвидению В. И. Вернадского, стал «крупнейшей геологической силой», под действием которой меняется лик Земли.

Уже сегодня воздействие человека на литосферу приближается к пределам, переход которых может вызвать необратимые процессы почти по всей поверхностной части земной коры. В процессе преобразования литосферы человек (по данным на начало 90-х гг.) извлек 125 млрд. т угля, 32 млрд. т нефти, более 100 млрд. т других полезных ископаемых. Распахано более 1500 млн. га земель, заболочено и засолено 20 млн. га. Эрозией за последние сто лет уничтожено 2 млн. га, площадь оврагов превысила 25 млн. га. Высота терриконов достигает 300 м, горных отвалов — 150 м, глубина шахт, пройденных для добычи золота, превышает 4 км (Южная Африка), нефтяных скважин — 6 км.

Экологическая функция литосферы выражается в том, что она является базовой подсистемой биосферы: образно говоря, вся континентальная и почти вся морская биота опирается на земную кору. Например, техногенное разрушение минимального слоя горных пород на суше или шельфе автоматически уничтожает биоценоз. Но кроме того, литосфера служит основным поставщиком минерально-сырьевых и в том числе энергетических ресурсов, большая часть которых относится к невозобновимым.

Рассмотрим техногенные изменения следующих основных составляющих литосферы:

- почв;
- горных пород и их массивов;
- недр.

Воздействия на почвы. Почва — один из важнейших компонентов окружающей природной среды. Все основные её экологические функции

замыкаются на одном обобщающем показателе — почвенном плодородии. Отчуждая с полей основной (зерно, корнеплоды, овощи и др.) и побочный урожай (солома, листья, ботва и др.), человек размыкает частично или полностью биологический круговорот веществ, нарушает способность почвы к саморегуляции и снижает её плодородие. Даже частичная потеря гумуса и, как следствие, снижение плодородия, не дает почве возможность выполнять в полной мере свои экологические функции, и она начинает деградировать, т. е. ухудшать свои свойства. К деградации почв (земель) ведут и другие причины, преимущественно антропогенного характера.

В наибольшей степени деградируют почвы агроэкосистем. Причина неустойчивого состояния агроэкосистем обусловлена их упрощенным фитоценозом, который не обеспечивает оптимальную саморегуляцию, постоянство структуры и продуктивности. И если у природных экосистем биологическая продуктивность обеспечивается действием естественных законов природы, то выход первичной продукции (урожая) в агроэкосистемах всецело зависит от такого субъективного фактора, как человек, от уровня его агрономических знаний, технической оснащенности, социально-экономических условий и т. д., а значит, остается непостоянным.

Например, в случае создания человеком монокультуры (пшеницы, свеклы, кукурузы и т. д.) в агроэкосистеме нарушается видовое разнообразие растительных сообществ. Агроэкосистема упрощается, обедняется и становится неустойчивой, неспособной противостоять абиотическому или биотическому экологическому стрессу.

Основные виды антропогенного воздействия на почвы следующие:

- эрозия (ветровая и водная);
- загрязнение;
- вторичное засоление и заболачивание;
- опустынивание;
- отчуждение земель для промышленного и коммунального строительства.

Эрозия почв (земель)

*Эрозия почв (от лат. *erosio* — разъедание) — разрушение и снос верхних наиболее плодородных горизонтов и подстилающих пород ветром (ветровая эрозия) или потоками воды (водная эрозия).*

Земли, подвергшиеся разрушению в процессе эрозии, называют эродированными. К эрозионным процессам относят также промышленную эрозию (разрушение сельскохозяйственных земель при строительстве и разработке карьеров), военную эрозию (воронки, траншеи), пастбищную эрозию (при интенсивной пастьбе скота), ирригационную (разрушение почв при прокладке каналов и нарушении норм поливов) и др.

Однако настоящим бичом земледелия у нас в стране и в мире остаются водная эрозия (ей подвержены 31% суши) и ветровая эрозия (дефляция), активно действующая на 34% поверхности суши. В США эродировано, т. е. подвержено эрозии, 40% всех сельскохозяйственных земель, а в засушливых районах мира еще больше — 60% от общей площади, из них 20% сильно эродированы.

Эрозия оказывает существенное негативное влияние на состояние почвенного покрова, а во многих случаях разрушает его полностью. Падает биологическая продуктивность растений, снижаются урожаи и качество зерновых культур, хлопка, чая и др.

Ветровая эрозия (дефляция) почв. Под ветровой эрозией понимают выдувание, перенос и отложение мельчайших почвенных частиц ветром.

Интенсивность ветровой эрозии зависит от скорости ветра, устойчивости почвы, наличия растительного покрова, особенностей рельефа и от других факторов. Огромное влияние на её развитие оказывают антропогенные факторы. Например, уничтожение растительности, нерегулируемый выпас скота, неправильное применение агротехнических мер резко активизируют эрозионные процессы.

Различают местную (повседневную) ветровую эрозию и пыльные бури. Первая проявляется в виде поземок и столбов пыли при небольших скоростях ветра.

Пыльные бури возникают при очень сильных и продолжительных ветрах. Скорость ветра достигает 20—30 м/с и более. Наиболее часто пыльные бури наблюдаются в засушливых районах (сухие степи, полупустыни, пустыни). Пыльные бури безвозвратно уносят самый плодородный верхний слой почв; они способны развеять за несколько часов до 500 т почвы с 1 га пашни, негативно влияют на все компоненты окружающей природной среды, загрязняют атмосферный воздух, водоемы, отрицательно влияют на здоровье человека.

В нашей стране пыльные бури неоднократно возникали в Нижнем Поволжье, на Северном Кавказе, в Башкирии и в других районах. Опустошительная пыльная буря отмечалась в апреле 1928 г., когда пострадала огромная площадь земель от Дона до Днепра. Ветер поднял более 15 млн. т черноземной пыли до высоты 400—700 м, выдувание почвы достигло 10—12 см, а местами — 25 см, т. е. практически почва была унесена на ту глубину, на которую она была вспахана.

Старожилы на Северном Кавказе хорошо помнят пыльную бурю, охватившую в марте—апреле 1960г. значительную часть Северного Кавказа, Нижнего Дона и южную Украину. На огромной территории был снесен слой плодородной почвы толщиной до 10 см, повреждены озимые, засыпаны многие оросительные каналы. Вдоль полезащитных лесонасаждений, железнодорожных насыпей образовались земляные валы высотой до 2-3 метров.

В настоящее время крупнейший источник пыли — Арал. На космических снимках видны шлейфы пыли, которые тянутся в стороны от Арала на многие сотни километров. Общая масса переносимой ветром пыли в районе Арала достигает 90 млн. т в год. Другой крупный пылевой очаг в России — Черные земли Калмыкии.

Водная эрозия почв (земель). Под водной эрозией понимают разрушение почв под действием временных водных потоков. Различают следующие формы водной эрозии: плоскостную, струйчатую, овражную, береговую. Как и в случае ветровой эрозии, условия для проявления водной эрозии создают природные факторы, а основной причиной её развития является производственная и иная деятельность человека. В частности, появление новой тяжелой почвообрабатывающей техники, разрушающей структуру почвы, — одна из причин активизации водной эрозии в последние десятилетия. Другие негативные антропогенные факторы — уничтожение растительности и лесов, чрезмерный выпас скота, отвальная обработка почв и др.

Среди различных форм проявления водной эрозии значительный вред окружающей природной среде и в первую очередь почвам приносит овражная эрозия. Экологический ущерб от оврагов огромен. Овраги уничтожают ценные сельскохозяйственные земли, способствуют интенсивному смыву почвенного покрова, заиливают малые реки и водохранилища, создают густо расчлененный рельеф. Площадь оврагов только на территории Русской равнины составляет 5 млн. га и продолжает увеличиваться. Подсчитано, что ежедневные потери почв из-за развития оврагов достигают 100—200 га.

Загрязнение почв. Поверхностные слои почв легко загрязняются. Большие концентрации в почве различных химических соединений — токсикантов пагубно влияют на жизнедеятельность почвенных организмов. При этом теряется способность почвы к самоочищению от болезнетворных и других нежелательных микроорганизмов, что чревато тяжелыми последствиями для человека, растительного и животного мира. Например, в сильно загрязненных почвах возбудители тифа и паратифа могут сохраняться до полутора лет, тогда как в незагрязненных — лишь в течение двух-трех суток.

Основные загрязнители почвы:

- пестициды (ядохимикаты);
- минеральные удобрения;
- отходы и отбросы производства;
- газодымовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- нефть и нефтепродукты.

В мире ежегодно производится более миллиона тонн пестицидов. Только в России используется более 100 индивидуальных пестицидов при общем годовом объеме их производства 100 тыс. т. Наиболее загрязнен-

ными пестицидами районами являются Краснодарский край и Ростовская область (в среднем около 20 кг на 1 га). В России на одного жителя в год приходится около 1 кг пестицидов, во многих других развитых промышленных странах мира эта величина существенно выше. Мировое производство пестицидов постоянно растет.

В настоящее время влияние пестицидов на здоровье населения многие ученые приравнивают к воздействию на человека радиоактивных веществ. Достоверно установлено, что при применении пестицидов, наряду с некоторым увеличением урожайности, отмечается рост видового состава вредителей, ухудшаются пищевые качества и сохранность продукции, утрачивается естественное плодородие и т. д.

По мнению ученых, подавляющая часть применяемых пестицидов попадает в окружающую среду (воду, воздух), минуя виды-мишени. Пестициды вызывают глубокие изменения всей экосистемы, действуя на все живые организмы, в то время как человек использует их для уничтожения весьма ограниченного числа видов организмов. В результате наблюдается интоксикация огромного числа других биологических видов (полезных насекомых, птиц) вплоть до их исчезновения. К тому же человек старается использовать значительно больше пестицидов, чем это необходимо, и еще более усугубляет проблему.

Среди пестицидов наибольшую опасность представляют стойкие хлорорганические соединения (ДДТ, ГХБ, ГХЦГ), которые могут сохраняться в почвах в течение многих лет и даже малые концентрации которых в результате биологического накопления могут стать опасными для жизни организмов. Но и в ничтожных концентрациях пестициды подавляют иммунную систему организма, а в более высоких концентрациях обладают выраженными мутагенными и канцерогенными свойствами. Попадая в организм человека, пестициды могут вызвать не только быстрый рост злокачественных новообразований, но и поражать организм генетически, что может представлять серьезную опасность для здоровья будущих поколений. Вот почему применение наиболее опасного из них — ДДТ в нашей стране и в ряде других стран запрещено.

Таким образом, можно с уверенностью констатировать, что общий экологический вред от использования загрязняющих почву пестицидов многократно превышает пользу от их применения. Воздействие пестицидов оказывается весьма негативным не только для человека, но и для всей фауны и флоры. Растительный покров оказался очень чувствительным к действию пестицидов, причем не только в зонах его применения, но и в местах, достаточно удаленных от них, из-за переноса загрязняющих веществ ветром или поверхностным стоком воды (рис. 3.10).

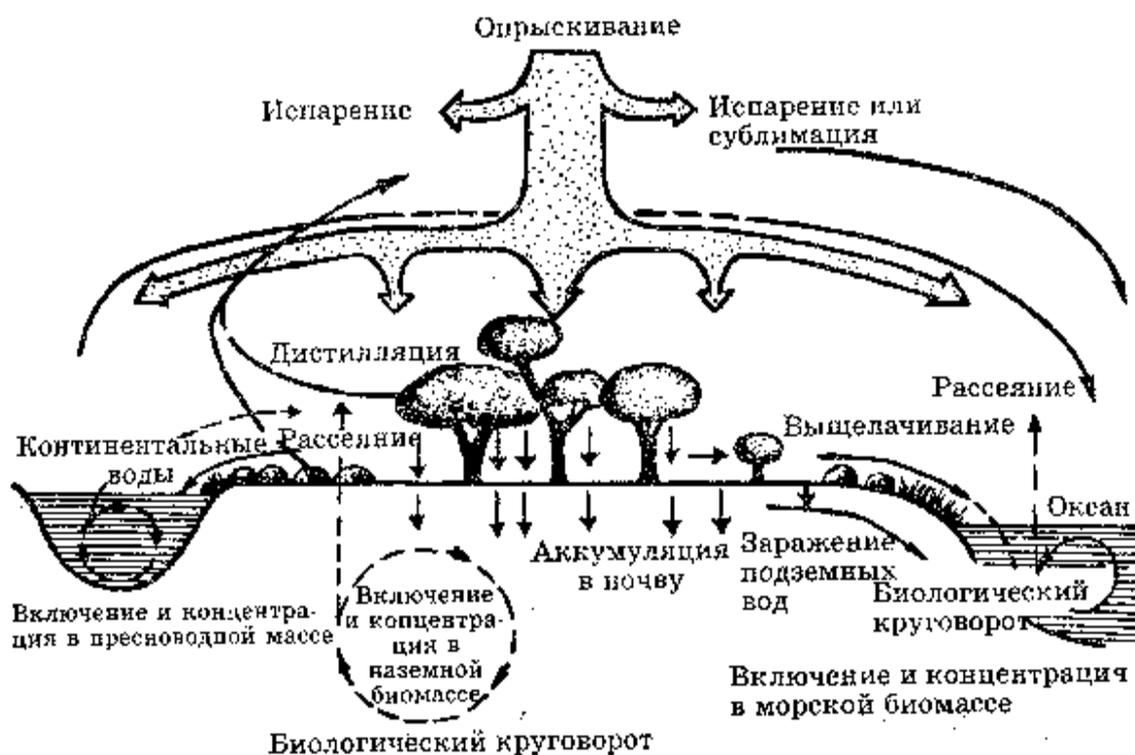


Рис. 3.10. Движение пестицидов в биосфере

Пестициды способны проникать в растения из загрязненной почвы через корневую систему, накапливаться в биомассе и впоследствии заражать пищевую цепь. При распылении пестицидов наблюдается значительная интоксикация птиц (орнитофауны). Особенно страдают популяции певчих и перелетных дроздов, жаворонков и других воробьиных.

Значительная часть пестицидов не достигает обрабатываемой территории, сносится и оседает в более или менее удаленных экосистемах.

Работами отечественных и зарубежных исследователей неопровержимо доказано, что загрязнение почв пестицидами вызывает не только интоксикацию человека и большого числа видов животных, но и ведет к существенному нарушению воспроизводящих функций и, как следствие, к тяжелым демоэкологическим последствиям. С длительным применением пестицидов связывают также развитие резистентных (устойчивых) рас вредителей и появление новых вредных организмов, естественные враги которых были уничтожены.

Почвы загрязняются и минеральными удобрениями, если их используют в неумеренных количествах, теряют при производстве, транспортировке и хранении. Из азотных, суперфосфатных и других типов удобрений в почву в больших количествах мигрируют нитраты, сульфаты, хлориды и другие соединения. Б. Коммонер (1970 г.) установил, что при самых благоприятных условиях из всего количества азотных удобрений, применяемых в США, поглощается растениями 80%, а в среднем по стране лишь 50%. Это приводит к нарушению биогеохимического круговорота азота, фосфо-

ра и некоторых других элементов. Экологические последствия этого нарушения в наибольшей степени проявляются в водной среде, в частности, при формировании эвтрофии, которая возникает при смыве с почв избыточного количества азота, фосфора и других элементов.

В последнее время выявлен еще один неблагоприятный аспект неумеренного потребления минеральных удобрений и в первую очередь нитратов. Оказалось, что большое количество нитратов снижает содержание кислорода в почве, а это способствует повышенному выделению в атмосферу двух «парниковых» газов — закиси азота и метана. Нитраты опасны и для человека. Так, при поступлении нитратов в человеческий организм в концентрации свыше 50 мг/л отмечается их прямое общетоксическое воздействие, в частности, возникновение метгемоглобинемии вследствие биологических превращений нитратов в нитриты и другие токсичные соединения азота. Неумеренное потребление минеральных удобрений вызывает в ряде районов и нежелательное подкисление почв.

К интенсивному загрязнению почв приводят отходы и отбросы производства. В нашей стране ежегодно образуется свыше миллиарда тонн промышленных отходов, из них более 50 млн. т особо токсичных. Огромные площади земель заняты свалками, золоотвалами, хвостохранилищами и др., которые интенсивно загрязняют почвы, а их способность к самоочищению, как известно, ограничена.

Огромный вред для нормального функционирования почв представляют газодымовые выбросы промышленных предприятий. Почва обладает способностью накапливать весьма опасные для здоровья человека загрязняющие вещества, например, тяжелые металлы (табл. 3.9). Вблизи ртутного комбината содержание ртути в почве из-за газодымовых выбросов может повышаться до концентраций, в сотни раз превышающих допустимые.

Значительное количество свинца содержат почвы, находящиеся в непосредственной близости от автомобильных дорог. Результаты анализа образцов почвы, отобранных на расстоянии нескольких метров от дороги, показывают 30-кратное превышение концентрации свинца по сравнению с его содержанием (20 мкг/г) в почве незагрязненных районов.

По данным агрохимической службы России (1997), почти 0,4 млн. га в нашей стране оказались загрязненными медью, свинцом, кадмием и др. Еще больше земель были загрязнены радионуклидами и радиоактивными изотопами в результате Чернобыльской катастрофы.

Одной из серьезных экологических проблем России становится загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами в таких нефтедобывающих районах, как Западная Сибирь, Среднее и Нижнее Поволжье и др. Причины загрязнения — аварии на магистральных и внутри промысловых нефтепроводах, несовершенство технологии нефтедобычи, аварийные и технологические выбросы и т. д. В результате, например, в отдельных районах Тюменской и Томской областей концентрации нефтяных углеводоро-

дов в почвах превышают фоновые значения в 150— 250 раз. На Тюменском Севере площади оленьих пастбищ уменьшились на 12,5%, т.е. на 6 млн. га замазученными оказались 30 тыс. га. В Западной Сибири выявлено свыше 20 тыс. га, загрязненных нефтью с толщиной слоя не менее пяти сантиметров (Государственный доклад..., 1995).

Таблица 3.9

**Последствия воздействия некоторых тяжелых металлов
на здоровье человека**

Элементы	Последствия воздействия элементов	Источники
Повышенные концентрации		
Ртуть (Hg)	Нервные расстройства (болезнь Минамата); нарушение функций желудочно-кишечного тракта, почек; изменение в хромосомах	Загрязненные почвы, поверхностные и подземные воды
Мышьяк (As)	Раковые заболевания кожи, интоксикация, периферические невриты	Загрязненные почвы, протравленное зерно
Свинец (Pb)	Разрушение костных тканей, задержка синтеза протеина в крови, нарушение нервной системы и почек	Загрязненные почвы, поверхностные и подземные воды
Медь (Cu)	Органические изменения в тканях, распад костной ткани, гепатит	Загрязненные почвы, поверхностные и подземные воды
Кадмий (Cd)	Цирроз печени, нарушение функций почек, иротеинурия	Загрязненные почвы

Значительную угрозу для здоровья людей представляет загрязнение почв различными патогенами, которые могут проникать в организм человека следующим образом (Розанов, 1984):

1) через цепь: человек — почва — человек. Патогенные организмы выделяются зараженным человеком и через почву передаются другому, либо через выращенные на зараженной почве овощи и фрукты. Таким способом человек может заболеть холерой, бациллярной дизентерией, брюшным тифом, паратифом и др. Аналогичным путем в организм человека могут попадать и черви-паразиты;

2) через цепь: животные — почва — человек. Существует ряд заболеваний животных, которые передаются человеку (лептосориаз, сибирская

язва, туляремия, лихорадка Ку и др.) путем прямого контакта с почвой, загрязненной выделениями инфицированных животных;

3) через цепь: почва — человек, когда патогенные организмы попадают из нее в организм человека при прямом контакте (столбняк, ботулизм, микозы и др.).

Вторичное засоление и заболачивание почв. В процессе хозяйственной деятельности человек может усиливать природное засоление почв. Такое явление носит название вторичного засоления, и развивается оно при неумеренном поливе орошаемых земель в засушливых районах.

Во всем мире процессам вторичного засоления и осолонцевания подвержено около 30% орошаемых земель. Площадь засоленных почв в России составляет 36 млн. га (18% общей площади орошаемых земель). Засоление почв ослабляет их вклад в поддержание биологического круговорота веществ. Исчезают многие виды растительных организмов, появляются новые растения галофиты (солянка и др.). Уменьшается генофонд наземных популяций в связи с ухудшением условий жизни организмов, усиливаются миграционные процессы.

Заболачивание почв наблюдается в сильно переувлажненных районах, например, в Нечерноземной зоне России, на Западно-Сибирской низменности, в зонах вечной мерзлоты. Заболачивание почв сопровождается деградационными процессами в биоценозах, накоплением на поверхности неразложившихся остатков. Заболачивание ухудшает агрономические свойства почв и снижает производительность лесов.

Опустынивание. Одним из глобальных проявлений деградации почв, да и всей окружающей природной среды в целом, является опустынивание.

Опустынивание – это процесс необратимого изменения почвы и растительности и снижения биологической продуктивности, который в экстремальных случаях может привести к полному разрушению биосферного потенциала и превращению территории в пустыню.

Всего в мире подвержено опустыниванию более 1 млрд. га практически на всех континентах (рис. 3.11). Причины и основные факторы опустынивания различны (рис. 3.12).

Как правило, к опустыниванию приводит сочетание нескольких факторов, совместное действие которых резко ухудшает экологическую ситуацию.

На территории, подверженной опустыниванию, ухудшаются физические свойства почв, гибнет растительность, засоляются грунтовые воды, резко падает биологическая продуктивность, а следовательно, подрывается и способность экосистем восстанавливаться. «И если эрозию можно назвать недугом ландшафта, то опустынивание — это его смерть» (Доклад ФАО ООН). Процесс этот получил столь широкое распространение, что явился предметом международной программы «Опустынивание». В докла-

де ЮНБП (организация ООН по окружающей среде) подчеркивается, что опустынивание — это результат длительного исторического процесса, в ходе которого неблагоприятные явления природы и деятельность человека, усиливая друг друга, приводят к изменению характеристик природной среды.

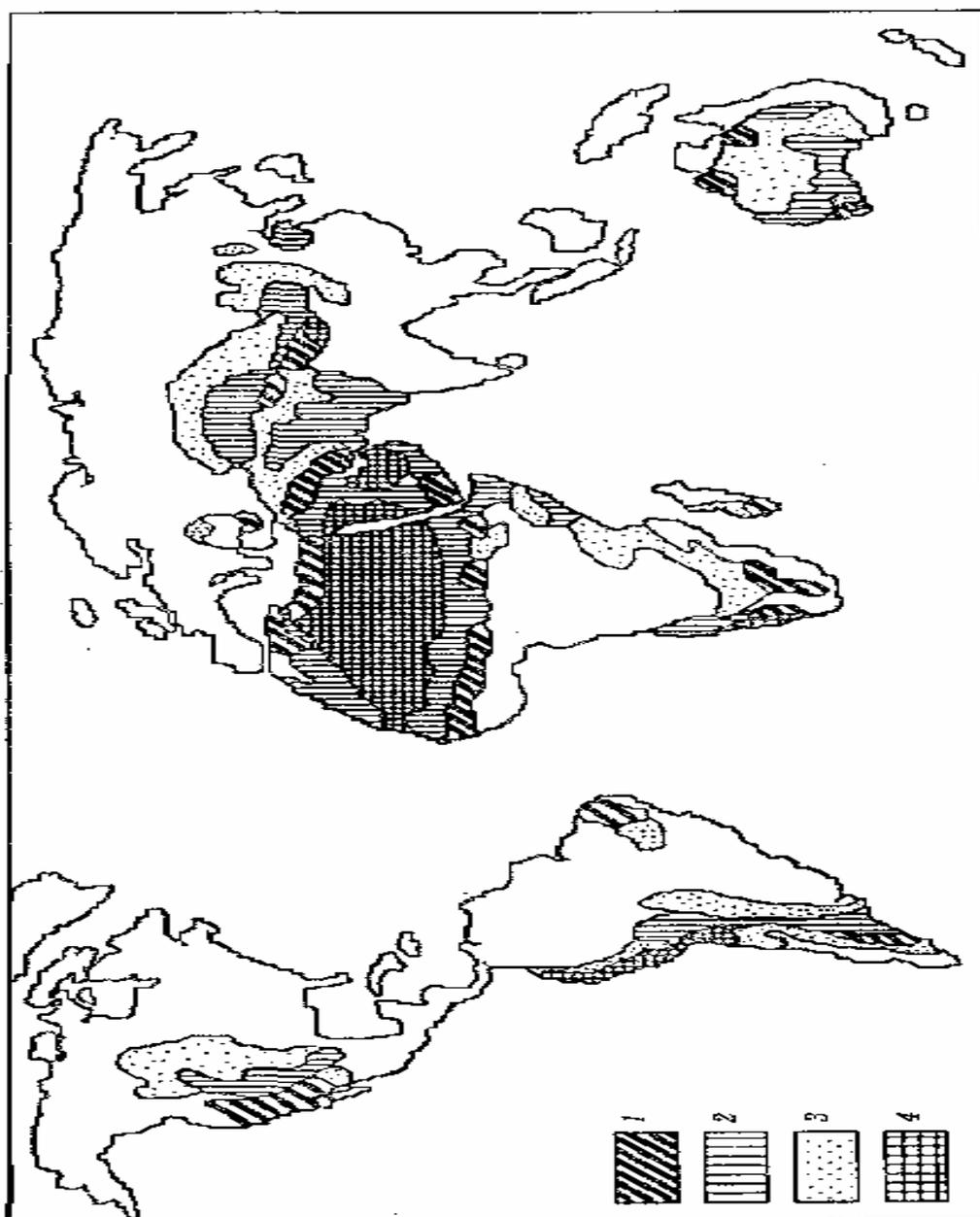


Рис. 3.11. Пустыни и территории, подвергающиеся опустыниванию
(Конференция ООН по опустыниванию, 1977)
Степень опустынивания: 1 – очень высокая; 2 – высокая; 3 – умеренная,
4 – гипераридные пустыни



Рис. 3.12. Основные факторы и причины развития опустынивания

Опустынивание является одновременно социально-экономическим и природным процессом, оно угрожает примерно 3,2 млрд. га земель, на которых проживают более 700 млн. человек. Особенно опасное положение сложилось в Африке в зоне Сахеля (Сенегал, Нигерия, Буркина Фасо, Мали и др.) — переходной биоклиматической зоне (шириной до 400 км) между пустыней Сахара на севере и саванной на юге.

Причина катастрофического положения в Сахеле обусловлена сочетанием двух факторов:

- 1) усилением воздействия человека на природные экосистемы с целью обеспечения продовольствием быстро растущего населения;
- 2) изменившимися метеорологическими условиями (длительными засухами).

Интенсивный выпас скота приводит к чрезмерной нагрузке на пастбища и уничтожению и без того разреженной растительности с низкой естественной продуктивностью. Опустыниванию способствует также массовое выжигание прошлогодней сухой травы, особенно после периода дождей, интенсивная распашка, снижение уровня грунтовых вод и др. Выбитая растительность и сильно разрыхленные почвы создают условия для интенсивного выдувания (дефляции) поверхностного слоя земли. Изменение природных комплексов и их деградация особенно заметны в период засух.

Многие экологи считают, что в списке злодеяний против окружающей среды на второе место после гибели лесов можно поставить «опустынивание». На территории СНГ опустыниванию подвержено Приаралье, Прибалхашье, Черные земли в Калмыкии и Астраханской области и некоторые другие районы. Все они относятся к зонам экологического бедствия, и их состояние продолжает ухудшаться.

В результате непродуманной хозяйственной деятельности на этих территориях произошли глубокие необратимые деградационные изменения природной среды и в первую очередь её эдафической части. Это повлекло за собой резкое снижение биоразнообразия фито- и зооценозов и разрушение природных экосистем. Специалисты отмечают, что там, где по условиям рельефа, качества почвы, мощности первостоя можно было выпасать только одну овцу, выпасалось в десятки раз больше. В результате травянистые пастбища превратились в эродированные земли. Так, например, только за последние пять лет площадь подвижных песков в Калмыкии увеличилась более чем на 50 тыс. га.

Отчуждение земель. Почвенный покров агроэкосистем необратимо нарушается при отчуждении земель для нужд не сельскохозяйственного пользования: строительства промышленных объектов, городов, поселков, для прокладки линейно-протяженных систем (дорог, трубопроводов, линий связи), при открытой разработке месторождений полезных ископаемых и т. д. По данным ООН, в мире только при строительстве городов и дорог ежегодно безвозвратно теряется более 300 тыс. га пахотных земель. Конечно, эти потери в связи с развитием цивилизации неизбежны, однако они должны быть сокращены до минимума.

Воздействия на горные породы и их массивы

В процессе инженерно-хозяйственной деятельности человека горные породы, слагающие верхнюю часть земной коры, в той или иной степени

претерпевают сжатие, растяжение, сдвигание, водонасыщение, осушение, вибрации и другие воздействия.

Изменения, происходящие в породах при различных воздействиях, детально изучают. Это необходимо для прогноза возможного развития опасных геологических процессов, негативно влияющих на экологическую обстановку.

К числу основных антропогенных воздействий на породы относятся статические и динамические нагрузки, тепловое воздействие, электрические воздействия и др.

Статические нагрузки. Это наиболее распространенный вид антропогенного воздействия на горные породы. Под действием статических нагрузок от зданий и сооружений, достигающих 2 МПа и более, образуется зона активного изменения горных пород, достигающая глубин 70—100 м. При этом наибольшие изменения наблюдаются:

- 1) в вечномерзлых льдистых породах, на участках залегания которых часто наблюдаются оттаивание, пучение и другие процессы;
- 2) в сильно сжимаемых породах, например, заторфованных, илистых и др.

Динамические нагрузки. Вибрации, удары, толчки и другие динамические нагрузки типичны при работе транспорта, ударных и вибрационных строительных машин, заводских механизмов и т. д. Наиболее чувствительны к сотрясению рыхлые недоуплотненные породы (пески, водонасыщенные лессы, торф и др.). Прочность этих пород заметно снижается, они уплотняются (равномерно или неравномерно), структурные связи нарушаются, возможно внезапное разжижение и образование оползней, отвалов, плывущих выбросов и других неблагоприятных процессов.

Другим видом динамических нагрузок являются взрывы, действие которых сходно с сейсмическими воздействиями. Горные породы разрушаются взрывным способом при строительстве автомобильных и железных дорог, гидротехнических плотин, добыче полезных ископаемых и т. д. Очень часто взрывы сопровождаются нарушением природного равновесия — возникают оползни, обвалы, и т. п.

Тепловое воздействие. Повышение температуры горных пород наблюдается при подземной газификации углей, в основании доменных и мартеновских печей и др. В ряде случаев температура пород повышается до 40—50 °С, а иногда и до 100 °С и более (в основании доменных печей). В зоне подземной газификации углей при температуре 1000 – 1600 °С породы спекаются, «каменеют», теряют свои первоначальные свойства.

Как и другие виды воздействия, тепловой антропогенный поток влияет не только на состояние горных пород, но и на другие компоненты окружающей природной среды. Изменяются ночи, подземные воды, растительность.

Электрическое воздействие. Создаваемое в горных породах искусственное электрическое поле (электрифицированный транспорт, ЛЭП и др.) порождает блуждающие токи и поля. Наиболее заметно они проявляются на городских территориях, где имеется наибольшая плотность источников электроэнергии. При этом изменяются электропроводность, электросопротивляемость и другие электрические свойства пород.

Динамическое, тепловое и электрическое воздействие на горные породы создают физическое загрязнение окружающей природной среды.

Массивы горных пород

Массивы горных пород и, в первую очередь, их поверхностные толщи в ходе инженерно-хозяйственного освоения подвергаются мощному антропогенному воздействию. При этом развиваются такие опасные ущербобразующие процессы, как оползни, карст, подтопление, просадочные процессы и др. Особенно легко подвержены опасным процессам массивы вечномёрзлых пород, так как они весьма чувствительны к тепловому антропогенному воздействию.

Оползни. Оползни представляют собой скольжение горных пород вниз по склону под действием собственного веса грунта и нагрузки — фильтрационной, сейсмической или вибрационной. Для оползней характерно отсутствие вращения и опрокидывания смещающихся масс. Оползни — явление частое на склонах долин рек, оврагов, берегов морей, искусственных выемок. Большой ущерб природной среде ежегодно приносят оползневые процессы на берегах Черноморского побережья Кавказа, Крыма, в долинах Волги, Днепра, Дона и многих других рек и горных районов.

Оползни нарушают устойчивость массивов горных пород, негативно влияют на многие другие компоненты окружающей природной среды (нарушение поверхностного стока, истощение ресурсов подземных вод при их вскрытии, образование заболоченностей, нарушение почвенного покрова, гибель деревьев и т. д.). Известно немало примеров оползневых явлений катастрофического характера, приводящих к значительным человеческим жертвам.

Карст. Геологическое явление, связанное с растворением водой горных пород (известняков, доломита, гипса, каменной соли), образованием при этом подземных пустот (пещер, каверн и др.) и сопровождаемое провалом земной поверхности, получило название карста. Массивы горных пород, в которых развивается карст, называются закарстованными. Карст широко распространен в мире, в том числе и в России, в частности, в Башкирии, в центральной части Русской равнины, в Приангарье, на Северном Кавказе и во многих других местах, где имеются растворимые горные породы.

Хозяйственное освоение закарстованных массивов горных пород ведет к существенному изменению природной среды. Карстовые процессы

заметно оживляются: образуются новые провалы, воронки, колодцы и др. По данным Р. Ньютона (1984), в США только в штате Алабама произошло более 4000 искусственно вызванных провалов и оседаний земной поверхности, связанных с активизацией карста. Отдельные воронки достигли 50—60 м в диаметре и до 30 м глубиной. Образование провалов и воронок связывают с интенсификацией отбора подземных вод. Активизация карста отмечается и во многих районах России, в том числе и на территории Москвы и Московской области. Ранее Москва считалась городом, где карстовые процессы затухли и не проявляли себя на поверхности земли. Однако интенсивный отбор подземных вод, а также динамические вибрационные воздействия транспорта и строительства, статические нагрузки и некоторые другие факторы (возможно, загрязнение подземных вод) заметно усилили эти процессы.

Одним из важных направлений в сохранении окружающей природы является охрана карстовых пещер — уникальных памятников природы. При массовых туристских посещениях в них нарушается тепловой и водный режим, наблюдается «таяние» сталактитов и сталагмитов, другие негативные изменения геологической среды.

Подтопление. Процесс подтопления — яркий пример ответной реакции природной среды на действие антропогенных факторов. Впервые он привлек внимание при создании водохранилищ, когда уровень грунтовых вод по их берегам стал быстро подниматься.

В настоящее время под подтоплением понимают любое повышение уровня грунтовых вод до критических величин (менее одного-двух метров от поверхности земли).

Подтопление территорий весьма негативно влияет на природную среду. Массивы горных пород переувлажняются и заболачиваются. Активизируются оползни, карст и другие неблагоприятные процессы. В лессовых глинистых грунтах возникают просадки, в глинах — набухание. Просадка в лессовых грунтах приводит к резкой неравномерной осадке, а набухание в глинах — к неравномерному подъему зданий и сооружений. В результате сооружения испытывают деформации, вплоть до полной непригодности к эксплуатации. Это ухудшает экологическую обстановку в жилых и производственных помещениях, что снижает производительность труда и даже может вызвать травмы и болезни у людей.

На подтопленной территории возрастает сейсмическая балльность. Кроме того, в результате вторичного засоления почв угнетается растительность, возможно химическое и бактериальное загрязнение грунтовых вод, ухудшается санитарно-эпидемиологическая обстановка.

Причины подтопления разнообразны, но практически всегда связаны с деятельностью человека. Это — утечки воды из подземных водонесущих коммуникаций, засыпка естественных дренажей — оврагов, асфальтирование и застройка территории, нерациональный полив улиц, садов, скве-

ров, барраж подземных вод (т. е. задержка их движения глубокими фундаментами), фильтрация из водохранилищ, прудов-охладителей АЭС и др.

Сейчас в нашей стране подтопление территорий, особенно городских, приняло массовый характер. В России подтоплено свыше 700 городов и поселков городского типа, в том числе такие города, как Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Ростов-на-Дону, Волгоград, Новосибирск, Саратов и многие другие.

Вечная мерзлота. В ряде районов земного шара (север Европы и Америки, север и восток Азии) толщи верхней части земной коры постоянно находятся в мерзлом состоянии. Их температура всегда ниже 0 °С. Такие породы называют вечномерзлыми (или многолетнемерзлыми), а территорию — областью вечной мерзлоты. На территории нашей страны они занимают более 50% площади. Происхождение вечной мерзлоты связывают с оледенением четвертичного периода.

В последние десятилетия в сфере строительного освоения в районах вечной мерзлоты вовлекаются все новые и новые территории: север Западной Сибири, шельф арктических морей, земли Нерюнгринского месторождения и многие другие.

Вторжение человека не проходит бесследно для «хрупких» природных экосистем Севера: разрушается почвенно-растительный слой, изменяется рельеф, режим снегового покрова, возникают болота, нарушаются взаимосвязи и взаимодействия экосистем.

Проведенные исследования позволили выделить ряд основных особенностей, обуславливающих хрупкость экосистем в области вечной мерзлоты (рис. 3.13).

В первую очередь, это очень небольшое видовое разнообразие организмов, поскольку лишь немногочисленная группа отдельных видов способна приспособиться к существованию в условиях «вечного холода»

Движение машин, тракторов и другого вида транспорта, особенно гусеничного, разрушает покров из мха, лишайников и др., что также приводит к резкому снижению устойчивости экосистем и к их угнетению. Массовую гибель лишайников вызывает и малейшее загрязнение воздуха диоксидом серы.

Эндогенные геодинамические процессы — землетрясения и вулканизм — вызывают весьма значительные смещения в массивах горных пород в земной коре, уничтожают животный и растительный мир, приводят к многочисленным, а нередко к катастрофическим человеческим жертвам и другим тяжелым экологическим последствиям



Рис. 3.13. Основные особенности природных экосистем Севера

Воздействия на недра

Недрами называют верхнюю часть земной коры, в пределах которой возможна добыча полезных ископаемых. Экологические и некоторые другие функции недр как природного объекта достаточно многообразны (рис. 3.14).

Являясь естественным фундаментом земной поверхности, недра активно влияют на окружающую природную среду. В этом заключается их главная экологическая функция.

Основное природное богатство недр — минерально-сырьевые ресурсы, т. е. совокупность полезных ископаемых, заключенных в них. Добыча (извлечение) полезных ископаемых с целью их переработки — главная цель пользования недрами.

Недра — источник не только минеральных ресурсов, но и огромных энергетических запасов. По подсчетам ученых, в среднем из недр к поверхности поступает $32,3 \cdot 10^{12}$ Вт геотермальной энергии. В нашей стране сосредоточены огромные запасы полезных ископаемых, в том числе и гео-

термального тепла. Ее потребности в минеральных и других природных ресурсах могут быть полностью обеспечены за счет собственных национальных ресурсов.



Рис. 3.14. Экологические и другие функции недр

Тем не менее, непрерывный рост потребления минерального сырья повышает значение научно обоснованного, эффективного использования полезных ископаемых, требует от всех организаций и граждан бережного отношения к богатству недр. Иначе говоря, необходимы рациональное использование недр и их охрана.

Важно подчеркнуть также, что в наши дни недра должны рассматриваться не только в качестве источника полезных ископаемых или резервуара для захоронения отходов, но и как часть среды обитания человека.

Экологическое состояние недр определяется, прежде всего, силой и характером воздействия на них человеческой деятельности. В современ-

ный период масштабы антропогенного воздействия на земные недра огромны. Только за один год на десятках тысяч горнодобывающих предприятий мира извлекается и перерабатывается более 150 млрд. т горных пород, откачиваются миллиарды тонн кубических метров подземных вод, накапливаются горы отходов. Только на территории Донбасса расположено более 2000 отвалов пород, вынутых из пустых шахт – терриконов, достигающих высоты 50—80 м, а в отдельных случаях и более 100 м, объемом 2—4 млн. м³ (рис. 3.15).



Рис. 3.15. Общий вид террикона

В России действуют несколько тысяч карьеров для открытой разработки полезных ископаемых, из них самые глубокие - Коркинские угольные карьеры в Челябинской области (более 500 м). Глубина угольных шахт нередко превышает 1500 м.

Приведенные данные показывают, что недра нуждаются в постоянной экологической защите, в первую очередь от истощения запасов полезных ископаемых, а также от загрязнения их вредными отходами, неочищенными сточными водами и т. д.

С другой стороны, разработка недр оказывает вредное воздействие практически на все компоненты окружающей природной среды и ее качество в целом (рис. 3.16). Нет в мире другой отрасли хозяйства, которую можно было бы сравнить с горнодобывающей промышленностью по силе негативного воздействия на природные экосистемы, исключая разве что природные и техногенные катастрофы, подобные аварии на Чернобыльской АЭС.

Окружающая природная среда испытывает значительные негативные изменения и при транспортировке минерального сырья, его переработке, строительстве горнорудных предприятий, подземных сооружений и т. д.



Рис. 3.16. Экологические последствия разработки недр

3.8. Антропогенное воздействие на ближний космос

Озоновый слой — малая составляющая часть ближнего космоса, или, как его называют специалисты, околоземного космического пространства (ОКП). ОКП представляет собой внешнюю газовую оболочку, окружающую Землю.

ОКП защищает все живое от жесткого ультрафиолетового излучения Солнца; оно играет важную роль в сложных солнечно-земных взаимосвязях, от которых зависят условия жизни на Земле.

В настоящее время механизмы влияния ОКП на биосферу и человека мало изучены.

Антропогенные воздействия на ОКП связаны с началом космической эры, насчитывающей всего несколько десятилетий. Тем не менее, специалисты полагают, что вмешательство человека в эту среду весьма опасно, и уже сейчас такое воздействие оказалось существенно значительнее уровня более продолжительного влияния человека на любую другую природную среду (приземную атмосферу, гидро - и литосферу).

Особенность исследований в области ОКП обусловлена тем, что они требуют использования мощных и дорогостоящих технических средств — космических ракет. Эта среда уязвимее, чем другие среды, так как количество вещества в ней значительно меньше и энергетика процессов гораздо слабее, чем в приземной атмосфере, а тем более гидро - и литосфере. Эти два главных обстоятельства определяют опасность антропогенного воздействия на ОКП.

Кроме угрозы изменений этой природной среды, есть и другие негативные последствия деятельности человека в космосе. К настоящему времени неконтролируемое использование ОКП привело к его загрязнению огромным количеством (более 3000 т) мусора, состоящего из фрагментов используемых технических средств. Опасность этого мусора уже начали осознавать специалисты в области космических аппаратов, поскольку столкновение с ним в космосе стало реальной угрозой. Фрагменты космического мусора накапливаются на высотах более 400 км; они занесены в соответствующий каталог, и за ними ведется постоянное слежение. Однако существует большое количество мелких осколков (менее 10 см), поток которых на много порядков превышает поток естественных метеорных тел. Согласно прогнозам, при нынешних темпах загрязнения суммарное количество твердых частиц размером более 1 см вырастет за 100 лет в два с лишним раза.

Знание свойств ОКП необходимо для обеспечения надежной работы космических систем и обеспечения безопасности космонавтов.

Выделяют следующие виды воздействия человека на ОКП:

– выброс химических веществ в результате работы ракетных двигателей;

- энергетические и динамические возмущения вследствие полетов ракет;
- загрязнение твердыми фрагментами, космическим мусором (отработавшими спутниками, элементами стыковочных узлов, разгонными блоками и т. п.);
- электромагнитное излучение радиопередающих и других промышленных систем;
- проникновение загрязняющих веществ из приземной атмосферы;
- радиоактивное загрязнение и жесткое излучение от ядерных энергетических установок, используемых на космических аппаратах.

Наиболее опасным с точки зрения изменения свойств ОКП считают выброс химических веществ. В основном это газообразные продукты, имеющие высокую температуру и скорость вблизи сопла ракеты, поэтому происходит быстрое гидродинамическое расширение массы выбрасываемого газа с его последующим охлаждением до уравнивания температуры с окружающей средой. Вследствие этих процессов в верхней атмосфере вдоль всей траектории полета ракеты формируется газовое облако сложного химического состава, компоненты которого взаимодействуют с компонентами верхней атмосферы и ионосферы. Основные продукты выброса ракет — вода и диоксид углерода. В результате пролета одной ракеты «Протон» в ОКП поступает примерно 100 т воды и более 90 т диоксида углерода. Для «Шаттла» эти показатели составляют 470 и 110 т соответственно.

На высоте более 90 — 100 км молекулы воды диссоциируют под действием УФ - излучения с образованием атомарного водорода. Выброшенный газ расширяется, претерпевает ряд превращений и распространяется на расстояния от сотен до десятков тысяч километров. Ключевым моментом является процесс диффузионного расплывания облака водорода.

Расчеты показали, что даже через 10 суток после пролета ракеты «Протон» в верхней атмосфере сохраняется избыток антропогенного водорода. При пролете ракеты «Шаттл» в случае её регулярных пусков с интервалом 10 суток происходит стационарное глобальное увеличение концентрации водорода, превышающее фоновые уровни на десятки процентов на высоте более 200 км.

Молекулы воды и диоксида углерода, которые выбрасываются в верхнюю атмосферу при работе ракетных двигателей, активно взаимодействуют с ионами кислорода ионосферы, причем их преобразование происходит гораздо быстрее, чем в естественных условиях. Вследствие этого резко возрастает скорость рекомбинации ионосферной плазмы и падает концентрация заряженных частиц, т. е. образуются так называемые ионосферные дыры. Наиболее крупномасштабные нарушения были обнаружены после запуска ракет «Сатурн-5»: горизонтальные размеры дыры составили тысячи километров, а концентрация электронов уменьшалась в них в несколько раз. Первоначально ионосферные дыры образовались над терри-

торией США, а позже были обнаружены над Западной Европой и территорией бывшего СССР. Позднее аналогичные изменения были зарегистрированы и в результате полетов «Шаттла» и «Союза».

Диоксид углерода, который распространяется на сотни километров от траектории ракеты, как известно, играет важнейшую роль в тепловом балансе термосферы. Можно сказать, что этот баланс устанавливается в результате нагрева УФ - излучением и охлаждения ИК - излучением, значительная часть которого обусловлена молекулами диоксида углерода. Хотя все возможные последствия изменений концентрации диоксида углерода под влиянием антропогенного воздействия трудно прогнозировать, совершенно ясно, что естественные процессы в термосфере будут нарушены.

Исследование влияния полетов ракет на озоновый слой показало, что при ежемесячных пусках «Шаттла» (что примерно соответствует существующему сейчас режиму) в течение 4-х лет общее содержание озона снизится на 0,3% для средних широт и на 0,4 — 0,6% для высоких. Запуски ракет «Шаттл» и «Энергия» могут вызвать глобальное уменьшение озона, сравнимое с долготлетними изменениями.

Что касается антропогенного выделения энергии, то полагают, что мощность антропогенного источника составляет примерно 10% от естественного; оно не должно вызывать резкой перестройки динамики верхней атмосферы. Радиоактивное загрязнение ОКП, возникающее вследствие использования ядерных энергетических установок на космических аппаратах, также не представляет угрозы для этой среды. Тем не менее неизбежно будет происходить осаждение радиоактивных веществ из ближнего космоса в приземную атмосферу и далее на поверхность Земли.

Специалисты считают, что сохранение ОКП как внешней защитной оболочки Земли возможно только при ограничении числа пусков ракет и принципиального изменения технических средств и методов выведения космических аппаратов на орбиту. В противном случае ОКП может оказаться полностью разрушенным.

В Российской Федерации мониторинг состояния загрязнения ОКП осуществляется Гидрометеорологической службой.

3.9. Антропогенные воздействия на биотические сообщества

Биологическое разнообразие и распределение видов. Число видов организмов, населяющих Землю, очень велико, но оценки этой величины сильно отличаются, варьируясь от 5 до 80 млн. Однако более или менее четкая таксономическая принадлежность установлена всего для 1,4 млн. видов. Из этого известного числа видов примерно 750000 — это насекомые, 41000 — позвоночные животные, 250000 — растения. Остальные виды представлены сложным набором беспозвоночных животных, грибов, водорослей и других микроорганизмов.

Видовое «богатство» различных климатогеографических зон сильно отличается, хотя четко прослеживается тенденция увеличения от полюсов к экватору. Так например, число пресноводных насекомых в тропических лесах в 3 — 6 раз больше, чем в умеренных. На единицу площади в тропических лесах приходится наибольшее на Земле количество видов млекопитающих. Во влажных тропических лесах Латинской Америки на одном гектаре встречается 40 — 100 видов деревьев, тогда как на востоке Северной Америки 10 — 30 видов. В долинах Малайзии, в районе Куала-Лумпур, на одном гектаре насчитывается около 600 видов деревьев, диаметр ствола которых более 2 см, а на всей территории Дании в два раза меньше видов всех размеров.

В морской среде наблюдается такая же закономерность распределения, как и на суше. Так, число видов асцидий в Арктике едва превышает 100, а в тропиках оно больше 600.

Биоразнообразие является основой жизни на Земле, одним из важнейших жизненных ресурсов. Трудно переоценить значение всего количества товаров и услуг, которые обеспечиваются биоразнообразием. Некоторые виды при этом являются жизненно необходимыми. Так, люди используют в пищу около 7000 видов растений, но 90% мирового продовольствия создается за счет всего 20, а 3 вида из них (пшеница, кукуруза и рис) покрывают более половины всех потребностей.

Биологические ресурсы являются также значительным источником сырья для промышленности, в том числе медицинской.

В последнее время человечество осознало полезность диких видов растений и животных. Они не только содействуют развитию сельского хозяйства, медицины и промышленности, но и полезны для окружающей среды, являясь обязательным компонентом — биотической составляющей — природных экосистем. Биоразнообразие считают главным фактором, определяющим устойчивость биогеохимических циклов вещества и энергии в биосфере.

Причинно-следственные отношения между многими видами играют большую роль в круговороте вещества и потоках энергии в компонентах экосистем, которые непосредственно связаны с человеком. Так например, животные — фильтраторы и детритофаги, не используемые человеком в пищу, вносят существенный вклад в круговорот биогенных элементов (например, фосфора).

Таким образом, даже виды организмов, которые не входят в пищевую цепь человека, могут быть ему полезными, хотя и приносят пользу косвенным путем. Многие виды сыграли главную роль в становлении климата на Земле и продолжают быть мощным стабилизирующим фактором в отношении климата.

Понятие биоразнообразия все чаще ставится во главу угла при оценке состояния и экологического благополучия биоценозов и экосистем. Оно

становится все более разносторонним и приобретает статус специального раздела биологической науки.

В настоящее время под биоразнообразием понимают все виды растений, животных, микроорганизмов, а также экосистемы и экологические процессы, частью которых они являются.

Биоразнообразие рассматривается на трех уровнях: генетическом, видовом и экосистемном. Генетическое разнообразие представляет собой объем генетической информации, содержащийся в генах организмов, населяющих Землю. ***Видовое разнообразие — это разнообразие видов живых организмов, обитающих на Земле.*** Разнообразие экосистем касается, различных сред обитания, биотических сообществ и экологических процессов в биосфере, а также огромного разнообразия сред обитания и процессов в рамках экосистемы.

Утрата видов. Эволюционные процессы, происходившие в различные геологические периоды, привели к существенным изменениям видового состава обитателей Земли. Около 65 млн. лет назад в конце мелового периода произошли наиболее крупные исчезновения видов, особенно птиц и млекопитающих. Полностью вымерли динозавры. Позже биологические ресурсы утрачивались быстрее, причем, в отличие от великого вымирания мелового периода, вызванного скорее всего природными явлениями, утрата видов происходит вследствие деятельности человека.

По мнению экспертов, в ближайшие 20 — 30 лет под серьезной угрозой исчезновения будет находиться примерно 25% всего биоразнообразия Земли.

Опасность, грозящая биоразнообразию, постоянно нарастает. Между 1990 и 2020 гг. могут исчезнуть от 5 до 15% видов, причиной чего считают обезлесивание в тропиках. Это составит от 15000 до 50000 видов в год, или от 40 до 140 видов в день. По-видимому, около 22000 видов растений и животных сейчас находятся под угрозой исчезновения. Из них 66% видов позвоночных животных являются обитателями континентов.

Выделяют четыре основные причины утраты видов:

- утрата среды обитания, фрагментация и модификация;
- чрезмерная эксплуатация ресурсов;
- загрязнение окружающей среды;
- вытеснение естественных видов интродуцированными экзотическими видами.

Во всех случаях эти причины антропогенного характера. Подсчитали, что каждый год погибают тропические леса на площади 11,1 млн. га (т. е. 21 га каждую минуту). Сокращение же 70% тропических лесов ведет не только к исчезновению тех видов, которые обитали на уничтоженных участках леса, но и к сокращению до 30% численности видов, обитающих на соседних участках леса.

Многие морские виды исчезают из-за коммерческой эксплуатации моря. Крупные наземные животные, в частности, африканский слон, также

находятся под угрозой исчезновения вследствие чрезмерной антропогенной нагрузки на зоны их естественного обитания.

Большую опасность антропогенного воздействия на окружающую среду представляет её загрязнение, особенно токсичными химическими веществами и ксенобиотиками, в частности, пестицидами. Так например, ДДТ, который давно был запрещен как экологически опасное вещество, до сих пор обнаруживается не только в почве, но и в составе тканей живых организмов. Причиной этого явления считают стабильность ДДТ (как и других хлорорганических соединений), а также его распространение с воздушными потоками, перелетными птицами,

Изменения климата вследствие выброса в атмосферу парниковых газов, по прогнозам специалистов, могут привести к изменению видового состава многих экосистем на Земле, так как количество одних видов уменьшится, а других возрастет.

Внедрение новых сортов сельскохозяйственных культур, таких как пшеницы и риса на Среднем Востоке и в Азии, повлекло за собой утрату генетических банков в Турции, Ираке, Иране, Афганистане и других странах.

Утрата видового разнообразия как жизненного ресурса может привести к серьезным глобальным последствиям для благополучия человека и даже его существования на Земле. Однако, согласно результатам исследований, выполненных в течение 1986 — 1996 гг., биоразнообразие экосистем и их функционирование не находятся в прямой связи. Устойчивость экосистем может быть нарушена при уменьшении биоразнообразия, так как она может быть обусловлена не реальным, а потенциальным биоразнообразием. Другими словами, виды, которые в данный момент не являются доминирующими, могут стать доминантами при изменении условий среды. Пока нельзя предсказать, как отразится на функционировании экосистемы потеря биоразнообразия, но специалисты предполагают, что вряд ли такие потери будут благоприятными.

Меры по сохранению биоразнообразия

Можно считать, что одним из принципов экологической нравственности является следующий принцип: каждое поколение имеет право на то же биоразнообразие, что и предыдущее.

Разрабатываются четыре вида мер, направленных на сохранение и устойчивое использование биоразнообразия:

1. Защита особой среды обитания — создание национальных парков, биосферных заповедников и других охранных зон.
2. Защита отдельных видов или групп организмов от чрезмерной эксплуатации.
3. Сохранение видов в виде генофонда в ботанических садах или в банках генов.
4. Сокращение загрязнения окружающей среды.

Важным средством сохранения биоразнообразия является разработка международных и национальных программ и конвенций, направленных на осуществление этих мер. Признают, однако, что все эти меры пока недостаточны и процесс утраты видов продолжается в глобальном масштабе.

Конвенция по биоразнообразию, принятая 153 государствами, отражает остроту ситуации и представляет собой результат длительных усилий по согласованию противоречивых интересов различных государств.

Международная программа DIVERSITAS, выполняемая в настоящее время, предполагает проведение инвентаризации и мониторинга биоразнообразия. Ведутся работы по выбору участков с учетом иерархического уровня репрезентативности экосистем, которые будут представлять различные биогеографические и экологические регионы Земли.

Экологические последствия воздействия человека на растительный мир. Потребительское, а нередко и хищническое отношение человека к растительным сообществам проявилось еще на начальном этапе развития земледелия и скотоводства. В последующем, особенно с началом бурного развития экономики, такой подход не только не был отвергнут, но, по-видимому, еще больше закрепился в сознании людей.

Одним из первых, кто обратил внимание общественности на пагубные экологические последствия такого подхода, был Ф. Энгельс. В работе «Диалектика природы», оценивая последствия вырубki лесов, он писал: «Людам, которые в Месопотамии, Греции, Малой Азии и в других местах выкорчевывали леса, чтобы получить таким путем пахотную землю, и не снилось, что они положили начало нынешнему запустению этих стран, лишив их, вместе с лесами, центров скопления и сохранения влаги», и далее: «... какое им было дело до того, что тропические ливни потом смывали беззащитный отныне верхний слой почвы, оставляя после себя лишь обнаженные скалы!»

Замена лесных площадей на пашни и луга в определенной степени решала продовольственную проблему, а древесный уголь был крайне необходим в начальный период развития металлургии. Суть проблемы, однако, заключается в том, что во многих странах леса уничтожались настолько быстро, что лесопосадки не успевали за темпами вырубki деревьев.

На обезлесенных территориях возникают глубокие овраги, разрушительные оползни и если, уничтожается фотосинтезирующая фитомасса, выполняющая важные экологические функции, ухудшается газовый состав атмосферы, меняется гидрологический режим водных объектов, исчезают многие растительные и животные виды и т. д.

Сведение крупных лесных массивов, особенно влажных тропических - этих своеобразных испарителей влаги, по мнению многих исследователей, неблагоприятно отражается не только на региональном, но и на биосферном уровне. Уничтожение древесно-кустарниковой растительности и

травянистого покрова на пастбищах в засушливых регионах ведет к их опустыниванию.

Еще одно негативное экологическое последствие сведения лесов — изменение альbedo земной поверхности. Альbedo (лат. *albedo* — белизна) — это величина, характеризующая способность поверхности отражать падающие на неё лучи. Интегральное альbedo крон деревьев составляет 10—15%, травы 20—25%, свежеснежного покрова — до 90%. Альbedo земной поверхности — один из важных факторов, определяющих климат как в целом в мире, так в отдельных его регионах. Установлено, что серьезные изменения климата на планете могут быть вызваны изменением альbedo поверхности Земли всего лишь на несколько процентов. В настоящее время с помощью космических снимков обнаружено крупномасштабное изменение альbedo (так же как и теплового баланса) всей поверхности Земли. Ученые полагают, что это вызвано, прежде всего, уничтожением лесной растительности и развитием антропогенного опустынивания на значительной части нашей планеты.

Огромный вред состоянию естественных лесных экосистем наносят лесные пожары, надолго, если не навсегда, замедляя процесс восстановления леса на сгоревших площадях. Лесные пожары ухудшают состав леса, уменьшают прирост деревьев, нарушают связи корней с почвой, усиливают буреломы, уничтожают кормовую базу диких животных, гнездовья птиц. В сильном пламени почва сжигается до такой степени, что в ней полностью нарушается влагообмен и способность к удержанию питательных веществ. Выжженная дотла территория нередко быстро заселяется различными насекомыми, что не всегда безопасно для людей из-за возможных вспышек инфекционных заболеваний.

Кроме описанных выше прямых воздействий человека на биотические сообщества важное значение имеют и косвенные, например, загрязнение их промышленными выбросами.

Различные токсиканты, и в первую очередь, диоксид серы, оксиды азота и углерода, озон, тяжелые металлы, весьма негативно влияют на хвойные и широколиственные деревья, а также на кустарники, полевые культуры и травы, мхи и лишайники, фруктовые и овощные культуры и цветы. В газообразном виде или в виде кислотных осадков они отрицательно действуют на важные ассимиляционные функции растений, органы дыхания животных, резко нарушают метаболизм и приводят к различным заболеваниям.

Крайне отрицательно на жизнедеятельности растений сказываются автомобильные выхлопные газы, содержащие 60% всех вредных веществ в городском воздухе и среди них такие токсичные, как оксиды углерода, альдегиды, неразложившиеся углеводороды топлива, соединения свинца. Например, под их воздействием у дуба, липы, вяза уменьшается размер хлоропластов, сокращается число и размер листьев, сокращается продол-

жительность их жизни, уменьшается размер и плотность устьиц, общее содержание хлорофилла уменьшается в полтора-два раза.

Разрушение естественных природных сообществ уже вызвало исчезновение ряда растений. В недалеком будущем множество видов растений, которые сегодня сокращаются в численности, также окажутся под угрозой исчезновения. В общей сложности во всем мире нуждаются в охране 25—30 тыс. видов растений, или 10% мировой флоры. Доля вымерших видов во всех странах составляет более 0,5% общего числа видов флоры мира, а в таких регионах, как Гавайские острова, более 11%.

Напомним, что сокращение площадей, покрытых зеленой растительностью, или её разреживание крайне нежелательно по двум причинам: во-первых, нарушается глобальный круговорот углерода в биосфере и, во-вторых, снижается интенсивность поглощения солнечной энергии биосферой в процессе фотосинтеза.

Экологические последствия воздействия человека на животный мир

Животный мир — это совокупность всех видов и особей диких животных (млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, земноводных, рыб, а также насекомых, моллюсков и других беспозвоночных), населяющих определенную территорию или среду и находящихся в состоянии естественной свободы.

Основные понятия, связанные с охраной и использованием животного мира, формулируются следующим образом:

- объект животного мира — организмы животного происхождения или их популяция;
- биологическое разнообразие животного мира — разнообразие объектов животного мира в рамках одного вида, между видами и в экосистемах;
- устойчивое состояние животного мира — существование объектов животного мира в течение неопределенно длительного времени;
- устойчивое использование объектов животного мира — использование объектов животного мира, которое не приводит в долгосрочной перспективе к истощению биологического разнообразия животного мира и при котором сохраняется способность животного мира к воспроизводству и устойчивому существованию.

Животный мир является неотъемлемым элементом окружающей природной среды и биологического разнообразия Земли, возобновляющимся природным ресурсом, важным регулирующим и стабилизирующим компонентом биосферы.

Главнейшая экологическая функция животных — участие в биотическом круговороте веществ и энергии. Устойчивость экосистемы обеспечивается в первую очередь животными, как наиболее мобильным элементом.

Необходимо сознавать, что животный мир – не только важный компонент естественной экологической системы, но и одновременно ценнейший биологический ресурс. Очень важно и то, что все виды животных образуют генетический фонд планеты, все они нужны и полезны. В природе нет пасынков, как нет и абсолютно полезных, и абсолютно вредных животных. Все зависит от их численности, условий существования и от ряда других факторов. Одна из разновидностей 100 тыс. видов различных мух — комнатная муха – является переносчиком ряда заразных болезней. В то же время мухи кормят огромное количество животных (мелкие птицы, жабы, пауки, ящерицы и др.). Лишь некоторые виды (клещи, грызуны-вредители и др.) подлежат строгому контролю.

Несмотря на огромную ценность животного мира, человек, овладев огнем и оружием, еще в ранние периоды своей истории начал истреблять животных. Вооружившись современной техникой, развил «стремительное наступление» и на всю естественную биоту. Конечно, на Земле и в прошлом, в любые времена по самым разным причинам происходила постоянная смена её обитателей. Однако сейчас темпы исчезновения видов резко возросли, а в орбиту исчезающих вовлекаются все новые и новые виды, которые до этого были вполне жизнеспособны. Мы являемся свидетелями упрощения как отдельных экосистем, так и биосферы в целом.

Пока нет ответа на главный вопрос: каков возможный предел этого упрощения, за которым неизбежно должно последовать разрушение «систем жизнеобеспечения» биосферы.

Главные причины утраты биологического разнообразия, сокращения численности и вымирания животных следующие:

- нарушение среды обитания;
- чрезмерное добывание, промысел в запрещенных зонах;
- интродукция (акклиматизация) чуждых видов;
- прямое уничтожение с целью защиты продукции;
- случайное (непреднамеренное) уничтожение;
- загрязнение среды.

Нарушение среды обитания вследствие вырубki лесов, распашки степей и залежных земель, осушения болот, зарегулирования стока, создания водохранилищ и других антропогенных воздействий коренным образом меняет условия размножения диких животных, пути их миграции, что весьма негативно отражается на их численности и выживании.

Например, в 60—70 гг. ценой больших усилий была восстановлена калмыцкая популяция сайгака. Её численность превысила 700 тыс. голов. В настоящее время сайгака в калмыцких степях стало значительно меньше, а его репродуктивный потенциал потерян. Причины различные: интенсивный перевыпас домашнего скота, чрезмерное увлечение проволочными изгородями, развитие сети ирригационных каналов, перерезавших естест-

венные пути миграции животных, в результате чего сайгаки тысячами топили в каналах на пути их передвижения.

Нечто подобное происходило в районе г. Норильска. Прокладка газопровода без учета миграции оленей в тундре привела к тому, что животные стали сбиваться перед трубой в огромные стада, и ничто не могло их заставить свернуть с векового пути. В результате погибли многие тысячи животных.

Под добыванием имеется в виду как прямое преследование и нарушение структуры популяции (охота), так и любое другое изъятие животных и растений из природной среды для различных целей.

Чрезмерная добыча служит главной причиной сокращения численности крупных млекопитающих (слонов, носорогов и др.) в странах Африки и Азии. Высокая стоимость слоновой кости на мировом рынке приводит к ежегодной гибели около 60 тыс. слонов в этих странах.

Однако и мелкие животные уничтожаются в невообразимых масштабах. По расчетам А. В. Яблокова и С. А. Остроумова, на птичьих рынках больших городов европейской части России ежегодно продаются не менее нескольких сотен тысяч мелких певчих птиц. Объем международной торговли дикими птицами превышает семь миллионов экземпляров, большая часть которых погибают либо в дороге, либо вскоре после прибытия.

Негативные воздействия такого фактора снижения численности как чрезмерное добывание проявляется и по отношению к другим представителям животного мира. Например, запасы восточно-балтийской трески в настоящее время находятся на таком низком уровне, которого не отмечалось за всю историю изучения этого вида на Балтике. К 1993 г. общие уловы трески снизились по сравнению с 1984 г. в 16 раз, несмотря на возрастающие промысловые усилия.

Запасы осетровых в Каспийском и Азовском морях подорваны настолько, что, по-видимому, придется вводить запрет на их промышленный лов. Основной причиной этого является браконьерство, которое повсеместно приняло масштабы, сопоставимые с промыслом. Ожидается продолжение запрета на промысел мойвы в Баренцевом море, так как нет надежд на восстановление численности популяции, подорванной хищническим потреблением. С 1994 г. запрещен промысел в Дону азово-кубанской сельди в связи с низкой численностью популяции.

Третьей по важности причиной сокращения численности и исчезновения видов животных является интродукция (акклиматизация) чуждых видов. В литературе описаны многочисленные случаи вымирания аборигенных (коренных) видов из-за влияния на них завезенных видов животных или растений.

Есть еще больше примеров, когда местные виды из-за вторжения «пришельцев» находятся на грани исчезновения. Широко известны в нашей стране примеры негативного влияния американской норки на местный

вид — европейскую норку, канадского бобра — на европейского, ондатры на выхухоль и т. д.

Многие ученые считают, что лишь в обедненные антропогенные экосистемы возможно введение новых видов для сбалансирования экологической системы. Так например, по мнению А. Г. Банникова, вполне допустима интродукция растительноядных рыб — толстолобика, белого амура - в искусственные каналы, где они будут препятствовать их зарастанию. В целом же опыт работы производственно-акклиматизационных станций и некоторых других организаций позволяет более оптимистично смотреть на перспективы акклиматизации рыб и водных беспозвоночных, разумеется, при достаточном экологическом обосновании. Нелишне отметить, что ряд акклиматизационных работ российских ученых получили высокую оценку на мировом уровне. Это, например, — беспрецедентная в истории акклиматизации трансокеаническая пересадка камчатского краба в Баренцево море, где в настоящее время сформировалась его самовоспроизводящаяся популяция. Также успешно прошла акклиматизация пиленгаса в Азовском море и горбуши на европейском Севере.

Другие причины снижения численности и исчезновения животных - прямое их уничтожение для защиты сельскохозяйственной продукции и промысловых объектов (гибель хищных птиц, сусликов, ластоногих, койотов и др.); случайное (непреднамеренное) уничтожение (на автомобильных дорогах, в ходе военных действий, при кошени трав, на линиях электропередач, при зарегулировании водного стока и т. д.); загрязнение среды (пестицидами, нефтью и нефтепродуктами, атмосферными загрязнителями, свинцом и другими токсикантами).

Приведем только два примера, связанных с сокращением видов животных из-за непреднамеренного воздействия человека. В результате строительства гидротехнических плотин в русле реки Волга полностью ликвидированы нерестилища лососевых рыб (белорыбицы) и проходной сельди, а площади распространения осетровых рыб сократились до 400 га, что составляет 12% от прежнего нерестового фонда в Волго-Ахтубинской пойме.

В центральных областях России при ручном сенокошении гибнет 12—15% полевой дичи, при использовании конных косилок - 25—30%, при механизированной уборке сена— 30— 40%. В целом гибель дичи на полях при сельхозработах в семь-десять раз превышает объем её добычи охотниками.

Многочисленные наблюдения свидетельствуют о том, что в природе, как правило, действуют одновременно несколько факторов, вызывающих гибель особей, популяций и видов в целом. При взаимодействии они могут приводить к серьезным негативным результатам даже при малой степени выраженности каждого из них.

4. КОНЦЕПЦИЯ КОЭВОЛЮЦИИ И ПРИНЦИП ГАРМОНИЗАЦИИ

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.

Совместная эволюция организмов хорошо видна на следующем примере. Простейшие жгутиковые, живущие в кишечнике термитов, выделяют фермент, без которого термиты не могли бы переваривать древесину и расщеплять её до сахаров. Встречая в природе симбиоз, можно предполагать, что его конечной стадией является образование более сложного организма. Травоядные животные могли развиваться из 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.

В природе нет ничего вредного для вида, так как то, что вредно для индивида и популяции, полезно для вида с точки зрения эволюции. Хищники и паразиты регулируют численность популяций, не имеющих механизмов предотвращения перенаселения, следствием чего могло бы быть самоуничтожение. 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. К интересным результатам привело изучение системы «хозяин — паразит». Казалось бы, отбор должен вести к уменьшению вредности паразита для хозяина, но это не так. И в этой паре идет конкурентная борьба, в результате которой усложняются и те, и другие. Гибель одного ведет к гибели другого, а сосуществование увеличивает сложность всей системы.

На изучении эволюции системы «хозяин — паразит» основана гипотеза, объясняющая происхождение полов. Бесполое размножение, с точки зрения теории Дарвина, — значительно более эффективный процесс. Двойная стоимость полового размножения (поскольку мужские особи не включают в создание и выращивание потомства столько, сколько женские) вызывала трудности в объяснении этого феномена. Системное изучение биологических процессов предлагает следующее объяснение: половые различия дают хозяевам уникальные преимущества, поскольку позволяют обмениваться частями генетического кода между особями. Рекомбинация больших блоков генетической информации в результате полового размножения позволяет изменять признаки в потомстве быстрее, чем при мутаци-

ях. Поэтому потомки в этом случае могут быть более резистентными к паразитам, чем их родители. Паразиты же вследствие краткости периода воспроизводства и быстрого хода эволюционных изменений меньше нуждаются в наличии полов и обычно бесполоы. И здесь конкурентная борьба является фактором естественного отбора.

Основной особенностью отрицательного взаимодействия популяций является то, что при их синхронной эволюции в стабильной экосистеме степень отрицательного влияния уменьшается. «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» (Одум Ю. Основы экологии). Итак, конкуренция есть, но направленность её — эволюция, а не уничтожение вида.

Условием уменьшения отрицательного взаимодействия является стабильность экосистемы и то, что её пространственная структура обеспечивает возможность взаимного приспособления популяции. Отрицательные и положительные отношения между популяциями в экосистемах, которые достигают стабильного состояния, в конце концов, уравнивают друг друга. В иных же случаях виды могут быть элиминированы.

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 комменсалом, 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 так происходит не всегда. Паразиты являются неизбежной, обязательной частью экосистемы. Коэволюционная «гонка вооружений» способствует большему разнообразию экосистем.

Положительные взаимодействия образовались в ходе эволюции 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 природе столь же часто, как и конкуренция, причем объединяются порой весьма разные организмы, с сильно различающимися потребностями, а конкурируют организмы со сходными потребностями. Интересный пример кооперации демонстрируют тропические муравьи-листорезы, которые разводят в своих гнездах целые грибные сады. Муравьи удобряют, растят и собирают свой грибной урожай, как ра-

чительные фермеры. Такая кооперация, напоминающая сельскохозяйственное производство, называется актосимбиозом.

Форма организации, при которой один организм не может жить без другого, называется мутуализмом. Пример: сотрудничество между бактериями, фиксирующими азот, и бобовыми растениями. Мутуалистические отношения, по-видимому, замещают паразитизм в ходе созревания экосистемы; они особенно важны, когда лимитированы некоторые ресурсы среды.

В 60-х годах XX века Л. Маргулис предположила, что эукариотические клетки произошли в результате симбиотического союза простых прокариотических клеток, таких, как бактерии. Маргулис выдвинула гипотезу, что митохондрии (клеточные органеллы, которые производят энергию из кислорода и углеводов) произошли от аэробных бактерий; хлоропласты растений когда-то были фотосинтезирующими бактериями. По мнению Маргулис, симбиоз — образ жизни большинства организмов и один из наиболее созидательных факторов эволюции. Например, 90% растений существует вместе с грибами, поскольку грибы, связанные с корнями растений, необходимы им для получения питательных веществ из почвы. Совместная жизнь приводит к появлению новых видов и признаков.

Такая симбиотическая коэволюция хорошо согласуется с данными синергетики, и ею можно объяснить образование колоний амёб под влиянием недостатка пищи и образование муравейника. В синергетических терминах это описывается так. Начальной флуктуацией является несколько большая концентрация комочков земли, которая рано или поздно возникает в какой-то точке области обитания термитов. Но каждый комочек пропитан гормоном, привлекающим других термитов. Флуктуация растёт, и конечная площадь гнезда определяется радиусом действия гормона.

Так происходит переход от целесообразности на уровне организмов к целесообразности на уровне сообществ и жизни в целом — целесообразности в научном смысле слова, определяемой тем, что существуют не внешние по отношению к сообществам, а внутренние объективные надорганизменные механизмы эволюции, которые изучает наука.

С точки зрения концепции коэволюции естественный отбор, который играл главную роль у Дарвина, является не «автором», а скорее «редактором» эволюции. Конечно, в этой сложной области исследований наука ждёт ещё немало важных открытий.

Эволюция идет за счет естественного отбора 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» (Одум Ю. Основы экологии).

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 или рекомбинант, способный питаться растениями, которые прежде были устойчивы к данному насекомому, отбор закрепит этот признак. Итак, растения и фитофаги эволюционируют вместе.

Отсюда выражение «генетическая обратная связь». Так называют обратную связь, в результате которой один вид является фактором отбора для другого, и этот отбор влияет на генетическую конституцию второго вида. Групповой отбор, т. е. естественный отбор в группах организмов, является генетическим механизмом коэволюции. Он ведет к сохранению признаков, благоприятных для популяций и сообществ в целом, но не выгодных для их отдельных генетических носителей внутри популяций. Концепция коэволюции объясняет факты альтруизма у животных: заботу о детях, устранение агрессивности путем демонстрации «умиротворяющих поз», повиновение вожакам, взаимопомощь в трудных ситуациях и т. п.

Данный генетический механизм может привести и к гибели популяции, если ее деятельность вредит сообществу. Известно, что вымирание популяций может происходить с высокой скоростью и здесь сказывается именно групповой отбор. Это предупреждение человеку, который противопоставил себя биосфере.

Сравнивая с системой «хозяин — паразит», человека называют паразитом, живущим за счет ресурсов биосферы и не заботящемся о благосостоянии своего хозяина. Выше было отмечено, что в процессе эволюции паразитизм склонен сменяться мутуализмом. Перейдя от охоты к земледелию и скотоводству, человек тем самым сделал шаг по пути к мутуализму с окружающей средой. Возможно, стремление к охране природы не столько результат дальновидности человека и осознания им экологических законов, сколько действие группового отбора, который заставляет познавать биосферу и использовать результаты науки для гармонизации отношений с ней.

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 взаи-

моотношений человека и природы должна быть проведена на нескольких уровнях: природообразовательном, познавательном и личностно-ценностном.

В качестве непосредственных причин обострения экологической обстановки предстают научно-технический и экономический прогресс. Поэтому основополагающее экологическое значение имеет внутренняя гармонизация общества, а также науки, техники и производства как составляющих сейчас наиболее существенную часть экологических отношений.

Относительно перспектив обретения гармонии человека и природы следует заметить, что развитие, как подтверждает современная наука, идет не только по жестким законам детерминистского типа. На определенных этапах развития системы её внутренняя перестройка под влиянием внешних факторов может создавать состояние объективной неопределенности, когда невозможно точно предсказать, в каком направлении пойдет развитие системы дальше, хотя можно наметить определенные варианты. Система «человек — природная среда» сейчас находится именно в такой точке. Подтверждением этому служит то обстоятельство, что современная экологическая ситуация характеризуется неустойчивостью, что дает основания говорить об экологическом кризисе. Заметим при этом, что поскольку система «человек — природная среда» находится в переломном пункте своего развития, гармонизация предстает не как жестко детерминированное исполнение определенного закона, а как один из возможных проектов будущего. Объективные социальные и природные основания для реализации данного сценария имеются. Поэтому гармонизация — не просто ценностная установка; она имеет вполне реальное значение для определения путей экологического развития и будущего человеческой цивилизации.

Абсолютной гармонии человека с природой препятствует фундаментальный характер 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.

Гармония представляет собой такой способ взаимодействия в системе, при котором отдельные части сохраняют свою специфику и автономность, и не определяются полностью целым. Напротив, само целое является результатом гармонического взаимодействия, а именно таким, при котором оно получает возможность оптимального развития. В отличие же от механической системы этот результат является свободным взаимодействием («диалогом») и не может быть дедуктивно выведен из описания частей целого и порядка их взаимодействия в системе. Целостность выступает здесь не как основа частей, а как продукт их взаимодействия. Назовем такие системы гармоническими.

Человек достигает гармонии с природой не ценой отказа от своих целей и ценностей. Это не было бы гармонизацией в точном смысле слова, поскольку специфика одного из партнеров сошла бы на нет. Гармонизацией будет не сведение человека к природе и не низведение его к состоянию первобытного человека, пребывающего 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 и природы не может идти ни за счет человека, ни за счет природы, а объединяет социальную и природную гармонию.

В эволюции организмы снижают энтропию, т. е. увеличивают свою упорядоченность естественным отбором особей, наиболее успешно разрушающих внешнюю среду, т. е. повышающих её энтропию. Человек не может взять на вооружение стратегию природных существ, которая при имеющем ныне место гигантском увеличении масштабов человеческой деятельности грозит гибелью и человечеству и биосфере. Его подход должен быть специфически человеческим.

Добавим к этому, что, 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.

Угроза экологической катастрофы напоминает человеку, что он должен жить в согласии с внешней природой. Это положение не противоречит тому, что он должен следовать своей внутренней природе. Более того, именно соответствие человека своей внутренней природе ведет к его согласию с внешним миром. Внутренняя гармония в самом человеке — существенная предпосылка гармонии внешней. В этом смысле положение «жить в согласии с природой», сформулированное в античной философии, остается верным в самом широком смысле.

Ранее говорилось о том, что разнообразие — это необходимость, а не «приправа» к жизни. Здесь имеется в виду разнообразие определенным образом интегрированное. 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. Он был использован и в концепции ноосферы, в соответствии с которой психогенез приходит к объединению в точке Омега.

Принцип интегративного разнообразия позволяет решить дилемму агрегации — изоляции. «Агрегация усиливает конкуренцию, но в то же время создает многочисленные преимущества. Разобшение особей в попу-

ляции уменьшает конкуренцию, но, вероятно, приводит к утрате преимуществ, обеспечиваемых групповым образом жизни. Преимущества агрегации усиливаются, а недостатки уменьшаются, если каждая из агрегированных особей имеет свое своеобразие и существует разделение труда, т. е. если интегрируется не одинаковое, а различное. Это справедливо и для человека. В применении к человеку принцип интегративного разнообразия предполагает сочетание творческого подхода, нацеленного на создание нового, с развитием чувства любви, объединяющим индивида с другими людьми и природой в целом.

Главная проблема заключается не в том, преобразовывать или нет природную среду, а в том, как именно преобразовывать. Преображать природу надо, без этого существование общества невозможно. Но, преобразовывая природу, человек не должен ослаблять её порождающую силу, а, наоборот, получать от нее созидательный стимул, воздействуя на природу творчески.

Творческое преобразование природы предполагает в каждом преобразовательном акте создание качественно нового, а не тиражирование ранее изобретенного. В своем экологическом аспекте творческое преобразование есть такое, которое учитывает специфику ландшафта и нацелено на то, чтобы гармонично вписать человеческую деятельность в данную природную среду. Конечно, дело не в том, чтобы каждый преобразовательный акт был непохож на другой. Это и невозможно. Нужно, чтобы творческим он был в целостном замысле преобразования и чтобы творческий характер имела сама цель.

Уменьшение разнообразия в природной среде ведет к уменьшению устойчивости экосистем (в 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.

5. ПРАКТИКУМ ПО ЭКОЛОГИИ

5.1. Практическая работа №1. Расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов

В ходе выполнения настоящей работы студенты приобретают навыки расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами точечного источника (в основном из труб промышленных предприятий).

Необходимые для проведения расчетов данные об источниках загрязнения приведены в таблицах. Используемые в настоящей работе методические рекомендации и расчетные формулы составлены на основе нормативного документа ОНД-86.

5.1.1. Расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха вредными выбросами предприятий

Все источники загрязнения атмосферного воздуха подразделяются на точечные (например, труба предприятия), плоскостные (свалка) и линейные (автомагистраль). При выполнении данной работы студенты знакомятся с методикой расчетов уровня загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов (рассчитывается концентрация загрязняющего вещества в воздухе на различных расстояниях от промышленных труб и дается вывод о влиянии данного предприятия на окружающую среду в данном районе путем сравнения расчетной концентрации загрязняющего вещества с его предельно допустимой средней суточной концентрацией в атмосфере населенных пунктов - ПДК_{с.с.}).

В ходе проводимых расчетов вначале определяется максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе C_{\max} , которая может быть достигнута при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях (как правило, при опасной скорости ветра U_{\max} и на определенном от источника выбросов расстоянии x_{\max}). Затем определяется концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе на заданном расстоянии x от источника выбросов.

5.1.2. Определение максимальной концентрации вредного вещества в атмосферном воздухе

Расчет максимальной концентрации загрязняющего вещества в воздухе выполняется в соответствии с формулой:

$$C_{\max} = A \times M \times F \times m \times n \times \Gamma \times H^{-2} (V_1 \times \Delta T)^{-1/3}, \quad (5.1)$$

где A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (таблица 5.1);

M - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m и n - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой воздушной смеси (ГВС) из источника;

H - высота источника над уровнем земли, м;

Γ - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (если территория, на которой расположен источник выбросов, ровная, т.е. перепад высот не превышает 50 м на 1 км, то $\Gamma = 1$; если перепад высот более 50 м, но не превышает 100 м на 1 км, то $\Gamma = 2$; для сильно пересеченной местности $\Gamma = 3$);

ΔT - разность между температурой выбрасываемой газовой воздушной смеси T_{Γ} и температурой окружающего воздуха T_0 , °C (для Томска значение T_0 принимается равным 24,7 °C);

V_1 - расход газовой воздушной смеси (м³/с), рассчитываемый по формуле:

$$V_1 = 0,785D^2 \times W_{\text{ср}}, \quad (5.2)$$

где D - диаметр источника, м;

$W_{\text{ср}}$ - средняя скорость выхода газовой воздушной смеси из устья источника, м/с. ($W_{\text{ср}} = 7$ м/сек).

При наличии на предприятии очистных и газоулавливающих сооружений принимают $F = 1$ для всех газообразных веществ, а также для мелкодисперсных веществ (зола, пыль и др.) и $F = 2$ для мелкодисперсных аэрозолей. Если очистные и газоулавливающие сооружения отсутствуют, $F = 3$.

Коэффициенты m и n определяются в зависимости от параметров r и q , которые рассчитываются по формулам (5.3) и (5.4).

$$r = 1000W_{\text{ср}}^2 \times D \times H^{-2} \times \Delta T^{-1}; \quad (5.3)$$

$$q = 0,65(V_1 \times \Delta T / H)^{1/3}. \quad (5.4)$$

$$m = (0,67 + 0,1r^{1/2} + 0,34r^{1/3})^{-1}, \text{ если } r < 100;$$

$$m = 1,47r^{-1/3}, \text{ если } r \geq 100. \quad (5.5)$$

$$n = 0,532q^2 - 2,13q + 3,13, \text{ если } 0,5 \leq q < 2;$$

$$n = 4,4q, \text{ если } q < 0,5;$$

$$n = 1, \text{ если } q \geq 2. \quad (5.6)$$

5.1.3. Определение расстояния от источника выбросов, на котором достигается максимальная концентрация загрязняющего вещества

Определение расстояния x_{\max} (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация C (мг/м³) достигает максимального значения C_{\max} (мг/м³), выполняется с помощью формулы:

$$x_{\max} = 0,25(5 - F) \times k \times H, \quad (5.7)$$

где k - безразмерный коэффициент, рассчитываемый с помощью формул (5.8) и (5.9).

Для $r < 100$:

$$k = 2,48(1 + 0,28r^{1/3}), \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$k = 4,95q(1 + 0,28r^{1/3}), \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$k = 7q^{1/2}(1 + 0,28r^{1/3}), \text{ при } q > 2; \quad (5.8)$$

для $r \geq 100$:

$$k = 5,7, \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$k = 11,4q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$k = 16q^{1/2}, \text{ при } q > 2. \quad (5.9)$$

5.1.4. Определение метеорологических условий, при которых может быть достигнута максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе

Основными метеорологическими факторами, влияющими на концентрацию вредных веществ в атмосферном воздухе, являются скорость и направление ветра. Опасная скорость ветра U_{\max} (м/с), при которой достигается на расстоянии x_{\max} от источника выбросов максимально возможное значение концентрации вредного вещества C_{\max} , определяется по формулам (5.10) и (5.11).

Для $r < 100$:

$$U_{\max} = 0,5, \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$U_{\max} = q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$U_{\max} = q(1 + 0,12r^{1/2}), \text{ при } q > 2; \quad (5.10)$$

для $r \geq 100$:

$$U_{\max} = 0,5, \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$U_{\max} = q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$U_{\max} = 2,2q, \text{ при } q > 2. \quad (5.11)$$

5.1.5. Определение концентрации загрязняющего вещества в атмосфере на заданном расстоянии от источника выбросов

При опасной скорости ветра U_{\max} приземная концентрация вредного вещества C в атмосферном воздухе на расстоянии x от источника выбросов рассчитывается по формуле:

$$C = S_1 \times C_{\max}, \quad (5.12)$$

где S_1 - безразмерная величина, зависящая от значения коэффициента F и отношения x/x_{\max} , которое обозначено ниже через α :

$$\begin{aligned} S_1 &= 1,13(0,13 \alpha^2 + 1)^{-1}, \text{ при } 1 < \alpha \leq 8; \\ S_1 &= \alpha (3,58 \alpha^2 + 35,2 \alpha + 120)^{-1}, \text{ при } F < 1,5 \text{ и } \alpha > 8; \\ S_1 &= (0,1 \alpha^2 + 2,17 \alpha - 17,8)^{-1}, \text{ при } F > 1,5 \text{ и } \alpha > 8. \end{aligned} \quad (5.13)$$

Для низких и приземных источников выбросов, для которых $2 \leq H < 10$, выражение для S_1 имеет вид:

$$S_1 = 0,125[10 - H + (H - 2)S_1^*], \quad (5.14)$$

где S_1^* определяется по формуле (5.13*):

$$S_1^* = 3 \alpha^4 - 8 \alpha^3 + 6 \alpha^2, \text{ при } \alpha \leq 1. \quad (5.13^*)$$

5.1.6. Задание по работе

1) Для указанного преподавателем предприятия из таблицы 5.3 рассчитать уровни загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятия на расстоянии 500 м от источника выбросов.

2) Основываясь на сравнении полученных при расчете значений концентрации загрязняющих веществ с величиной ПДК_{с.с.}, сделать выводы о влиянии каждого из загрязняющих веществ на расчетную точку территории города.

3) Представить отчет по работе.

5.1.7. Требования к оформлению отчета

1. В отчете необходимо привести следующие данные:
 - название предприятия;
 - характеристики источника выбросов (высота и диаметр трубы, температура ГВС);
 - характеристики выбрасываемых в атмосферу веществ (название, ПДК_{с.с.}, объем выброса);
 - значение опасной скорости ветра U_{\max} ;
 - результаты промежуточных расчетов с точностью не менее 3 знаков после запятой;
 - конечные результаты (концентрацию каждого из выбрасываемых веществ на расстоянии 500 м от источника выброса, при этом точность расчета концентрации загрязняющего вещества должна соответствовать точности табличного значения его ПДК_{с.с.}).
2. Отчет следует завершить выводами.

5.1.8. Краткая характеристика некоторых загрязняющих веществ

Акролеин - бесцветная легколетучая жидкость с резким запахом. Образуется при неполном сгорании масел и содержится в основном в выхлопных газах автотранспорта. Акролеин обладает раздражающим и наркотическим действием.

Металлы представляют собой яды с индивидуальным токсическим действием. Например, медь вызывает головокружение, слабость, боль в мышцах, нарушения функций кроветворения. Свинец - политропный яд, аккумулирующийся в костях, отрицательно действующий на нервную систему и кровь.

Окислы азота и серы образуются при сжигании различных видов топлива. При вдыхании этих веществ в организме человека происходит соединение их с водой и переход в кислоты, которые оказывают раздражающее и прижигающее действие.

Фенолы - производные ароматических углеводородов. Фенол представляет собой бесцветные кристаллы с сильным запахом. Используется при производстве лекарственных веществ, красителей, синтезе органических соединений. Фенол - наркотический яд, действующий на центральную нервную систему и органы дыхания.

Таблица 5.1

Значения коэффициента А для некоторых территорий

Территория	Коэффициент А
Средняя Азия южнее 40 ⁰ с.ш., Бурятская АССР, Читинская обл.	250
Россия южнее 50 ⁰ с.ш., Сибирь, Дальний Восток, Казахстан	200
Европейская часть РФ и Урал от 50 ⁰ до 52 ⁰ с.ш.	180
Европейская часть РФ и Урал севернее 52 ⁰ с.ш., Украина	160
Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области	140

Таблица 5.2

Средняя суточная ПДК некоторых веществ в атмосфере населенных пунктов

Вещество	ПДК _{с.с.} , мг/м ³
акролеин	0,04
аммиак	0,04
анилин	0,03
ацетон	0,35
бензол	0,1
диоксид серы	0,05
диоксид углерода	3,0
зола	0,5
медь	0,002
никель	0,001
окислы азота	0,04
окись этилена	0,03
оксид углерода	1,0
пропилен	3,0
пыль	0,15
пыль цементная	0,01
ртуть металлическая	0,0003
сажа	0,05
свинец	0,0003
сероводород	0,008
спирт метиловый	0,5
спирт этиловый	5,0
фенол	0,003
формальдегид	0,003
хлор	0,03
хлористый водород	0,2

Таблица 5.3

Характеристики предприятий

№ варианта	Предприятие (условное название), вредное вещество	Высота трубы, м	Диаметр устья трубы, м	Температура ГВС, °С	Выброс вредного вещества, г/с
1	2	3	4	5	6
1	«АСТРА» акролеин окислы азота сажа свинец	11	0,6	95	2,2 1,7 1,1 0,8
2	«БАРЬЕР» акролеин ацетон фенол ртуть	44	1,1	90	12,0 2,7 7,7 0,4
3	«ВЕГА» диоксид серы оксид углерода сажа фенол	33	1,2	100	1,0 1,2 4,8 3,3
4	«ГЛОБУС» аммиак окислы азота сажа фенол	26	2,1	135	3,4 1,6 9,8 0,9
5	«ГРАНИТ» аммиак диоксид углерода зола формальдегид	25	1,0	130	2,9 3,9 3,6 1,8
6	«ЗАРЯ» ацетон ртуть фенол формальдегид	12	1,7	123	1,5 0,2 0,5 2,7
7	«ДИНАМО» акролеин окислы азота сажа ртуть	38	1,2	118	10 1,5 1,7 0,3

8	«КАЛИБР» ацетон диоксид серы зола фенол	21	1,6	115	2,2 1,6 4,1 1,0
9	«КВАРЦ» аммиак оксид углерода свинец формальдегид	35	1,3	130	3,9 1,5 1,2 2,6
10	«ЛУЧ» акролеин диоксид углерода зола оксид углерода	17	1,8	105	7,9 3,4 3,5 0,9
11	«МЕТЕОР» ацетон диоксид серы сажа свинец	46	1,5	112	2,4 2,1 2,0 1,5
12	«ОМЕГА» аммиак диоксид углерода ртуть формальдегид	19	0,9	120	2,9 3,9 0,4 2,1
13	«ПРОТОН» акролеин зола окислы азота фенол	31	1,2	125	6,3 5,4 2,0 2,6
14	«РЕСУРС» диоксид углерода диоксид серы оксид углерода свинец	23	1,9	105	3,5 2,0 1,8 1,3
15	«РУБИН» ацетон ртуть сажа формальдегид	33	1,1	140	3,1 0,3 12,7 3,0
16	«СИГМА» аммиак диоксид серы	24	1,4	110	3,1 1,8

	окислы азота фенол				1,8 2,9
17	«СПЕКТР» диоксид углерода зола сажа свинец	37	1,6	114	3,9 5,7 14,0 1,8
18	«ТИТАН» акролеин оксид углерода ртуть формальдегид	48	2,3	135	7,4 3,0 0,6 4,1
19	«ТОПАЗ» диоксид углерода окислы азота свинец фенол	27	1,2	97	3,1 2,2 1,4 2,5
20	«ФОТОН» аммиак диоксид серы зола оксид углерода	18	0,8	110	2,8 2,1 3,2 1,9

Примечания к таблице:

1) все предприятия расположены в г. Томске, имеют очистные и газоулавливающие сооружения;

2) перепад высот на территориях всех предприятий не превышает 50 м на 1 км.

5.2. Практическая работа № 2. Расчет предельно допустимых выбросов и минимальной высоты источника выбросов предприятий

Целью практической работы № 2 является ознакомление с методикой расчетов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ для предприятий с учетом фоновых концентраций и минимально допустимой высоты трубы H_{\min} . Работа является продолжением практической работы № 1, в описании которой имеются данные, необходимые для выполнения настоящей работы.

5.2.1. Расчет ПДВ и минимальной высоты источника выбросов предприятий

Расчеты ПДВ и H_{\min} выполняются, как правило, при проектировании предприятия и выборе места его расположения на местности с учетом технологического процесса и при планировании изменения технологического процесса, либо при изменении проектных мощностей.

При определении минимальной высоты источника выбросов и установлении предельно допустимых выбросов необходимо учитывать, что средняя суточная концентрация C_i каждого i -го вредного вещества в приземном слое атмосферы населенных пунктов не должна превышать его предельно допустимой концентрации ПДК_i (см. значения ПДК_{с.с.} в таблице 5.2 практической работы № 1), т.е.

$$C_i \leq \text{ПДК}_i. \quad (5.15)$$

При наличии фоновое загрязнение атмосферы (оно характеризуется значением $C_{\text{ф}}$), которое может возникнуть при расположении на данной территории функционирующих предприятий, уже выбрасывающих в атмосферу аналогичные вредные вещества, необходимо вместо C применять величину $C + C_{\text{ф}}$, т.е.

$$C + C_{\text{ф}} \leq \text{ПДК}. \quad (5.16)$$

Примечание: для зон курортов, мест размещения зон отдыха населения и других территорий с повышенными требованиями к охране атмосферного воздуха вместо ПДК необходимо применять значение, равное 0,8 ПДК.

При расчете $C_{\text{ф}}$ необходимо определить все предприятия, выбрасывающие в атмосферу аналогичные вредные вещества, вычислить расстояние от их источников выбросов (труб) до места планируемого размещения предприятия, для которого устанавливается ПДВ, по методике ОНД-86, описанной в практической работе № 1, определить уровень концентрации вещества от имеющихся источников в районе размещаемого предприятия. Полученные значения концентрации для расчетных предприятий будут считаться фоновыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Для определения C следует провести расчеты $C_{\text{М}}$ по методике ОНД-86, изложенной в практической работе № 1, и принять полученное значение за C . Необходимо, изменяя значение M в формуле (5.1) из описания практической работы № 1 (изменяя массу выбрасываемого в атмосферу вещества), добиться выполнения неравенства (5.2). Полученное значение выброса (г/сек или т/год) будет для планируемого предприятия предельно допустимым, то есть при размещении предприятия на данной территории с учетом уже имеющихся предприятий экологическая обстановка в любой точке территории при любых метеоусловиях будет пригодной для жизни людей.

Минимальная высота источника выбросов (трубы), рассчитываемая при проектировании предприятия:

$$H_{\min} = (A \times M \times F \times D \times \Gamma) [8V_1 \times (\text{ПДК} - C_{\phi})]^{-3/4}, \quad (5.17)$$

где A, D, F, Γ, V_1 - параметры, описанные в практической работе № 1;

M - объем выбросов, т.е. масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени (используйте данные работы № 1 или примените значение ПДВ, рассчитанное при выполнении настоящей работы).

Примечания:

1. Если из источника выбрасывается несколько вредных веществ, то за высоту трубы должно приниматься наибольшее из значений H , которые определены для каждого вещества в отдельности.

2. Увеличение высоты трубы производится для обеспечения рассеивания с целью соблюдения величины ПДК в приземном слое атмосферы. При этом не допускается использование на энергетических объектах труб выше 250 м, а на других производствах - более 200 м. Если при расчетах получены значения, превышающие указанные, делается вывод о необходимости пересмотра технологического процесса с целью снижения выбросов в атмосферу, либо (при проектировании предприятия) изменения места расположения предприятия.

5.2.1. Задание по работе

1) В варианте сочетания предприятий, указанном преподавателем, принять первое предприятие за уже функционирующее, а второе - за проектируемое. Определить для второго предприятия ПДВ и минимальную высоту трубы с учетом фоновой концентрации, создаваемой первым предприятием.

2) Расчет конкретного варианта выполнить по тем загрязняющим веществам, которые совпадают в выбросах обоих предприятий. Расстояние между 1-м и 2-м предприятиями принять условно равным 3000 м.

3) Сделать выводы на основе анализа полученных результатов.

4) Представить отчет по работе.

5.2.2. Требования к оформлению отчета

1. В отчете необходимо представить следующие данные:

- номер варианта с указанием сочетания названий предприятий;
- результаты промежуточных расчетов с точностью не менее 3 знаков после запятой;
- конечные результаты.

2. Отчет следует завершить выводами.

5.2.3. Таблица вариантов для выполнения расчетов

Таблица 5.4

№ в-та	Сочетание названий предприятий	№ в-та	Сочетание названий предприятий
1	“АСТРА” + “ГЛОБУС”	11	“МЕТЕОР” + “КАЛИБР”
2	“БАРЬЕР” + “ЗАРЯ”	12	“ОМЕГА” + “РУБИН”
3	“ВЕГА” + “МЕТЕОР”	13	“ПРОТОН” + “КАЛИБР”
4	“ГЛОБУС” + “ДИНАМО”	14	“РЕСУРС” + “ВЕГА”
5	“ГРАНИТ” + “ФОТОН”	15	“РУБИН” + “ЗАРЯ”
6	“ЗАРЯ” + “ТИТАН”	16	“СИГМА” + “ТОПАЗ”
7	“ДИНАМО” + “ПРОТОН”	17	“СПЕКТР” + “МЕТЕОР”
8	“КАЛИБР” + “ФОТОН”	18	“ТИТАН” + “РУБИН”
9	“КВАРЦ” + “РЕСУРС”	19	“ТОПАЗ” + “ГЛОБУС”
10	“ЛУЧ” + “СПЕКТР”	20	“ПРОТОН” + “РЕСУРС”

5.3. Практическая работа № 3. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятий

Целью работы № 3 является определение границ санитарно-защитной зоны предприятия (СЗЗ) и графическое изображение контуров зоны в зависимости от розы ветров. Работа является продолжением практической работы №1, в описании которой имеются данные, необходимые для выполнения настоящей работы.

5.3.1. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятий

Размеры СЗЗ в зависимости от розы ветров определяются по формуле

$$L = x \times P/P_0,$$

где L - расстояние от источника выбросов до границы СЗЗ в рассчитываемом румбе (направлении ветра) розы ветров, м (значения L , как правило, различаются для ветров разных направлений);

x - расстояние до участка местности в данном направлении, где концентрация загрязняющего вещества равна 1 ПДК_{с.с.} (рассчитывается при $1 < x/x_{\max} \leq 8$), м;

P - среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба, %;

P_0 - повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, %. (Например, при восьмирумбовой розе ветров $P_0 = 12,5 \%$.)

Примечание: для Томской области имеет место следующая повторяемость направлений ветров:

Ю	– 9 %;	С	– 37 %;
Ю-В	– 10 %;	С-З	– 16 %;
В	– 8 %;	З	– 6 %;
С-В	– 8 %;	Ю-З	– 6 %.

При расчетах следует оценить границу зоны, на которой уровень концентрации равен 1 ПДК_{с.с.} для каждого из химических веществ, выбрасываемых точечными источниками данного предприятия.

Из полученных оценок выбрать наибольшую, приняв её за границу санитарно-защитной зоны предприятия.

5.3.2. Задание по работе

1. Для источника выбросов Вашего предприятия (см. таблицу 5.3 работы №1) необходимо рассчитать расстояние до границы санитарно-защитной зоны, используя при этом восьмирумбовую розу ветров.

2. Расчеты выполнить для всех веществ, выбрасываемых указанным предприятием.

3. Результаты расчетов изобразить графически, отмерив в масштабе на векторах каждого направления ветра (Ю, Ю-В, В, С-В, С, С-З, З, Ю-З) расстояние, на котором достигается концентрация каждого из выбрасываемых веществ, равная 1 ПДК_{с.с.}. Полученные для каждого из веществ точки соединить замкнутой ломаной линией.

4. На чертеже, представляемом для отчета, следует показать окончательные контуры СЗЗ.

5. Сделать выводы по результатам данной работы. (Например, если выяснится, что максимально возможные концентрации выбрасываемых веществ $C_{\max} < 1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$, делается заключение о том, что СЗЗ не нужна.)

6. Представить отчет по работе.

5.3.3. Требования к оформлению отчета

1. В отчете необходимо представить следующие данные:

- наименование предприятия;
- характеристики его источника выбросов;
- результаты промежуточных расчетов;
- конечные результаты;

- выполненный в масштабе чертеж (рисунок) СЗЗ предприятия.
2. Отчет следует завершить выводами.

5.4. Практическая работа № 4. Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов

Под загрязнением окружающей среды понимают антропогенно обусловленные поступления в нее вещества и энергии, приводящие к ухудшению ее состояния с точки зрения социально-экономических интересов общества.

Под экономическим ущербом, наносимым окружающей среде, понимают выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, причиняемые народному хозяйству загрязнением окружающей среды, и дополнительные затраты на компенсацию этих убытков. Экономический ущерб от загрязнения среды является комплексной величиной и складывается из ущербов, наносимых отдельным видам реципиентов в пределах зоны активного загрязнения. В качестве основных реципиентов рассматриваются: 1) население, 2) объекты жилищно-коммунального хозяйства, 3) сельскохозяйственные угодья, 4) лесные ресурсы, 5) рыбные ресурсы, 6) основные фонды.

Для определения ущерба используют как метод прямого счета, который требует множества исходных данных, получаемых путем инженерно-экономического обследования предприятия и зоны его влияния, так и метод укрупненного счета. В настоящей работе применяется второй метод.

Полный годовой экономический ущерб Y (руб.) от загрязнения определяется по формуле

$$Y = Y_{уд} \times b \times Q, \quad (5.18)$$

где $Y_{уд}$ – удельный ущерб от загрязнения окружающей среды на единицу выбросов, руб./т;

b – масса выбросов на единицу продукции, т/т;

Q – годовой выпуск продукции, т (например, металла – Q_M).

Для отдельного предприятия экономический ущерб рассчитывается по формуле

$$Y_{пр} = Y_{атм} \times k_1 + Y_{в} \times k_2 + Y_{зем} \times k_3 + Y_{н} \times k_4, \quad (5.19)$$

где $Y_{пр}$ – экономический ущерб от всех видов загрязнения, поступающих в природную среду от предприятия (или отдельного источника), руб./год;

$Y_{\text{атм}}$ – удельный экономический ущерб, причиняемый годовым выбросом загрязняющих веществ в атмосферный воздух, руб./год;

$U_{\text{в}}$ – удельный экономический ущерб, причиняемый годовым сбросом загрязняющих веществ в водоемы, руб./год;

$Y_{\text{зем}}$ – удельный экономический ущерб от годового нарушения и загрязнения земельных ресурсов, руб./год;

$U_{\text{н}}$ – удельный экономический ущерб от годового нарушения и загрязнения недр, руб./год;

k_1, k_2, k_3, k_4 – поправочные коэффициенты на степень достоверности укрупненного метода, определяются в каждой из сфер природоохранной деятельности как соотношение между показателем ущерба, определенного методом укрупненного счета, и показателем ущерба, определенного методом прямого счета.

5.4.1. Экономическая оценка ущерба от загрязнения атмосферы

Экономическая оценка методом укрупненного счета удельного ущерба $Y_{\text{атм}}$ (руб./год), причиняемого выбросом загрязняющих веществ в атмосферный воздух, для всякого источника определяется по формуле

$$Y_{\text{атм}} = \gamma \times \sigma \sum_{i=1}^N (f_i \times M_i^*), \quad (5.20)$$

где γ – константа, численное значение которой равно 0,24 руб./условная т (эта константа может меняться в зависимости от изменения цен);

σ – коэффициент относительной опасности, зависящий от типа загрязняемой территории (σ определяется в соответствии с пунктом 5.4.2 описания настоящей работы);

f_i – безразмерный множитель, учитывающий характер рассеивания загрязняющего вещества i -го вида в атмосфере (f_i определяется согласно пункту 5.4.3 описания);

M_i^* – приведенная масса годового выброса загрязняющего вещества i -го вида, условная т/год (M_i^* определяется в соответствии с пунктом 5.4.4 описания);

N – количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ.

5.4.2. Определение σ

Величина σ определяется по таблице и зависит от размеров и типа зоны активного загрязнения (ЗАЗ). Если ЗАЗ неоднородна и состоит из территорий различного типа, которым по таблице 5.6 соответствуют разные значения σ , то фактическое (полное) σ вычисляется по формуле

$$\sigma = (1/W_{\text{ЗАЗ}}) \sum_{j=1}^L (W_j \times \sigma_j), \quad (5.21)$$

где $W_{\text{ЗАЗ}}$ – общая площадь ЗАЗ, га;
 W_j – площадь j-той части ЗАЗ, га;
 L – количество типов территорий, попавших в ЗАЗ.

5.4.3. Определение f_i

f_i – поправка, учитывающая характер рассеяния загрязняющего вещества i-го вида в атмосфере. Ее величина зависит от скорости оседания частиц, высоты их выбросов от поверхности земли, температуры выбрасываемой газо-аэрозольной смеси.

1. Для газообразных загрязняющих веществ и легких мелкодисперсных веществ со скоростью оседания менее 1 см/с (акролеин, аммиак, диоксид серы, окислы азота, окислы углерода, фенол, формальдегид и др.)

$$f_i = 4(1 + u)^{-1} 100(100 + z \times H)^{-1}, \quad (5.22)$$

где H – геометрическая высота источника выбросов, м;
 u – скорость ветра, м/с (если значение u неизвестно, то принимают $u = 3$ м/с);
 z – поправка на тепловой подъем факела выброса в атмосфере, которая рассчитывается по формуле

$$z = 1 + \Delta T / 75, \quad (5.23)$$

где ΔT – разность между температурой в устье источника и средней температурой атмосферного воздуха в самое жаркое время года.

(Для Томска $T_{\text{средн.}} = 24,7$ °С. Информацию о характеристиках источника выбросов следует взять из описания практической работы № 1).

2. Для частиц, оседающих со скоростью от 1 до 20 см/с (ацетон, металлы, их окислы и др.),

$$f_i = 4(1 + u)^{-1} [1000 / (60 + z \times H)]^{1/2}. \quad (5.24)$$

3. Для частиц, оседающих со скоростью выше 20 см/с (зола, пыль, сажа и др.),

$$f_i = 10. \quad (5.25)$$

5.4.4. Определение M_i^*

Приведенная масса годового выброса загрязняющего вещества i-го вида в атмосферу M_i^* определяется по формуле

$$M_i^* = a_i \times m_i, \quad (5.26)$$

где a_i – безразмерный показатель относительной агрессивности загрязняющего вещества i -го вида – рассчитывается по формуле

$$a_i = \text{ПДК}(\text{CO}_2) / \text{ПДК}_i; \quad (5.27)$$

m_i – масса годового выброса загрязняющего вещества i -го вида в атмосферу, т/год;

$\text{ПДК}(\text{CO}_2)$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация CO_2 , в атмосфере, принимаемая за эталон и равная 3 мг/м^3 ;

ПДК_i – предельно допустимая среднесуточная концентрация загрязняющего вещества i -го вида в атмосфере (см. таблицу $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ вредных веществ в описании практической работы № 1).

5.4.5. Задание по работе

- 1) Для предприятия, указанного преподавателем, рассчитать экономический ущерб, причиняемый выбросами в атмосферу загрязняющих веществ.
- 2) При выполнении расчета считать, что указанное предприятие расположено на территории г. Томска.
- 3) Представить отчет по работе.

5.4.6. Требования к оформлению отчета:

- В отчете необходимо привести следующие данные:
- номер варианта с указанием названия предприятия;
 - результаты промежуточных расчетов с точностью 3 знака после запятой;
 - конечные результаты в виде двух таблиц: первая характеризует г. Томск с помощью проведенных расчетов, вторая – указанное предприятие.

5.4.7. Приложение

Таблица 5.5

Характеристики г. Томска

Характеристика	Числовое значение
Количество жителей	480000 человек
Общая площадь	252,1 км ²
Типы территорий:	в % от общей площади:
населенные места	40,2
территории промышленных предприятий	9,5
пашни (на приусадебных участках)	16,0
леса 1-й группы	11,0
леса 2-й группы	15,0
водоемы	8,3

Таблица 5.6

Значения σ_j в зависимости от типа территории

Тип территории	σ_j
Курорты, санатории, заповедники	10
Пригородные зоны отдыха, садовые и дачные участки	8
Населенные места с плотностью населения n чел./га	$(0,1 \text{ га/чел.}) \times n$
Территории промышленных предприятий	4
Пашни	0,25
Сады	0,5
Пастбища, сенокосы	0,05
Леса: 1-й группы	0,2
2-й группы	0,1
3-й группы	0,025

6. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

6.1. Расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов

Предприятие: «ЭТАЛОН».

1. Характеристики предприятия:

Таблица 6.1

№ п/п	Условное название предприятия, вредное вещество	Высота трубы, м	Диаметр трубы, м	Температура ГВС, °С	Выброс вредного вещества, г/с
1	2	3	4	5	6
21	«ЭТАЛОН» зола окислы азота фенол ртуть	29	1,4	87	0,2 2,5 0,8 0,3

2. Определение максимальной концентрации вредных веществ в атмосфере:

Из описания работы следует, что $A = 200$, $F = 1$, $\Gamma = 1$.

$$\Delta T = 87 - 24,7 = 62,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$V_1 = 0,785 \cdot 1,4^2 \cdot 7 = 10,770.$$

$$r = 1000 \cdot 7^2 \cdot 29^{-2} \cdot 62,3^{-1} = 1,309; \quad r < 100.$$

$$q = 0,65 \cdot (10,770 \cdot 62,3 / 29)^{1/3} = 1,852; \quad 0,5 < q < 2.$$

$$m = (0,67 + 0,1 \cdot 1,309^{1/2} + 0,34 \cdot 1,309^{1/3})^{-1} = 0,865.$$

$$n = 0,532 \cdot 1,852^2 - 2,13 \cdot 1,852 + 3,13 = 1,010.$$

$$C_{\max} = 200 \cdot M \cdot 1 \cdot 0,865 \cdot 1,010 \cdot 29^{-2} \cdot (10,770 \cdot 62,3)^{-1/3} = 0,024 \cdot M.$$

$$C_{\max} (\text{зола}) = 0,024 \cdot 0,2 = 0,005 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\max} (\text{окислы азота}) = 0,024 \cdot 2,5 = 0,060 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\max} (\text{фенол}) = 0,024 \cdot 0,8 = 0,019 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\max} (\text{ртуть}) = 0,024 \cdot 0,3 = 0,007 \text{ мг/м}^3.$$

3. Определение расстояния от источника выбросов, на котором достигается максимальная концентрация загрязняющего вещества:

Так как $r < 100$, $0,5 < q < 2$, то

$$k = 4,95 \cdot 1,852 \cdot (1 + 0,28 \cdot 1,3091/3) = 11,975;$$

$$x_{\max} = 0,25 \cdot (5 - 1) \cdot 11,975 \cdot 29 = 347,275 \text{ м}; \quad x_{\max} \approx 347,3 \text{ м}.$$

4. Определение метеорологических условий, при которых может быть достигнута максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе:

Так как $r < 100$, $0,5 < q < 2$, то $U_{\max} = 1,852$; $U_{\max} \approx 1,8 \text{ м}.$

5. Определение концентрации загрязняющего вещества в атмосфере на заданном расстоянии от источника выбросов:

$$\alpha = 500/347,275 = 1,440.$$

$$S_1 = 1,13 \cdot (0,13 \cdot 1,440^2 + 1)^{-1} = 0,890, \text{ так как } 1 < \alpha < 8.$$

Концентрацию каждого загрязняющего вещества C_{500} на расстоянии 500 м от источника выбросов следует рассчитать с той же точностью, с какой приведено соответствующее значение ПДК_{с.с.} в Приложении. (В том случае, когда математические порядки чисел значений ПДК_{с.с.} и C_{500} значительно различаются, необходимо привести числовое значение C_{500} с точностью до 1-й округленной значащей цифры. В частности, в данном примере для золы ПДК_{с.с.} равно $0,5 \text{ мг/м}^3$, а рассчитанное с помощью калькулятора значение C_{500} равно $0,00445 \text{ мг/м}^3$. Следовательно, в отчете необходимо привести значение C_{500} , равное $0,004 \text{ мг/м}^3$.)

$$C_{500} (\text{зола}) = 0,890 \cdot 0,005 = 0,004 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{500} (\text{окислы азота}) = 0,890 \cdot 0,060 = 0,05 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{500} (\text{фенол}) = 0,890 \cdot 0,019 = 0,017 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{500}(\text{ртуть}) = 0,890 \cdot 0,007 = 0,0062 \text{ мг/м}^3.$$

Для каждого загрязняющего вещества следует рассчитать величину отношения его концентрации на расстоянии 500 м от источника выбросов к ПДК_{с.с.}. Результат необходимо привести с точностью до 1-го знака после запятой (или с точностью до первой значащей цифры после запятой в случае, если отношение меньше единицы):

зола: $C_{500}/\text{ПДК}_{с.с.} = 0,004/0,5 = 0,008;$

окислы азота: $C_{500}/\text{ПДК}_{с.с.} = 0,05/0,04 = 1,2;$

фенол: $C_{500}/\text{ПДК}_{с.с.} = 0,017/0,003 = 5,7;$

ртуть: $C_{500}/\text{ПДК}_{с.с.} = 0,0062/0,0003 = 20,7.$

Отчет по работе представляется в виде таблицы и выводов.

Таблица результатов, полученных при выполнении работы

Вариант 21. Предприятие «ЭТАЛОН»				
Вещество (ПДК _{с.с.} , мг/м ³)	M, г/с	C _{max} , мг/м ³	C ₅₀₀ , мг/м ³	C ₅₀₀ /ПДК _{с.с.}
зола (0,5)	0,2	0,005	0,004	0,008
окислы азота (0,04)	2,5	0,060	0,05	1,2
фенол (0,003)	0,8	0,019	0,017	5,7
ртуть (0,0003)	0,3	0,007	0,0062	20,7
H = 29 м; D = 1,4 м; T = 87 °С; ΔT = 62,3 °С; V ₁ = 10,770; r = 1,309; q = 1,852; m = 0,865; n = 1,010; C _{max} = 0,024М; k = 11,975; x _{max} ≈ 347,3 м; U _{max} ≈ 1,8 м/с; α = 1,440; S ₁ = 0,890;				

Выводы:

1. Анализ полученных результатов показал, что на расстоянии 500 м от источника выбросов уровень загрязнения приземного слоя атмосферы предприятием «ЭТАЛОН» составляет по золе 0,008 ПДК_{с.с.}, окислами азота 1,2 ПДК_{с.с.}, по фенолу – 5,7 ПДК_{с.с.}, по ртути – 20,7 ПДК_{с.с.}.

2. Для улучшения экологической ситуации на прилегающей территории можно рекомендовать предприятию «ЭТАЛОН» выполнение технических мероприятий по улучшению работы системы очистки газо-аэрозольных выбросов, изменение технологических процессов с целью уменьшения выбросов окислов азота, фенола и ртути.

6.2. Расчет предельно допустимых выбросов и минимальной высоты источника выбросов предприятия

Предприятия: «ЭТАЛОН» + «ДИНАМО».

1. На расстоянии 3000 м от действующего предприятия «ЭТАЛОН» планируется построить предприятие «ДИНАМО».

2. Характеристики предприятий:

№ п/п	Условное название предприятия, вредное вещество	Высота трубы, м	Диаметр трубы, м	Температура ГВС, °С	Выброс вредного вещества, г/с
1	2	3	4	5	6
21	«ЭТАЛОН» зола окислы азота фенол ртуть	29	1,4	87	0,2 2,5 0,8 0,3
7	«ДИНАМО» акролеин окислы азота ртуть сажа	38	1,2	118	10,0 1,5 0,3 1,7

Из характеристик предприятий следует, что каждое из предприятий выбрасывает окислы азота и ртуть.

3. Вначале необходимо рассчитать фоновые концентрации совпадающих загрязнителей (окислов азота и ртути), выбрасываемых предприятием «ЭТАЛОН», на расстоянии 3000 м. При этом, в зависимости от полученных результатов, возможны две разные ситуации:

– фоновая концентрация одного из двух (или обоих) загрязнителей на расстоянии 3000 м от предприятия «ЭТАЛОН» превышает (или равна) соответствующее значение ПДК_{с.с.}. В этом случае нет необходимости производить последующие расчеты, и делается окончательный вывод о невозможности строительства предприятия «ДИНАМО», так как в результате выбросов предприятия «ЭТАЛОН» на указанном расстоянии уже имеет место превышение ПДК_{с.с.} (или равенство ПДК_{с.с.} единице);

– выполняется неравенство $C_{\phi} < \text{ПДК}_{\text{с.с.}}$. В этом случае следует продолжить исследование.

С помощью формул (5.12, 5.13) из описания практической работы № 1 производится расчет фонового загрязнения за счет выбросов предприятия «ЭТАЛОН» на расстоянии 3000 м:

$$\alpha = 3000/347,275 = 8,639, \quad \alpha > 8;$$

$$S_1 = 8,639 \cdot (3,58 \cdot 8,639^2 + 35,2 \cdot 8,639 + 120)^{-1} = 0,012;$$

$$C_{\text{ф}} (\text{окислы азота}) = C_{3000} (\text{окислы азота}) = 0,012 \cdot 0,060 = \\ = 0,00072 \text{ мг/м}^3 < \text{ПДК}_{\text{с.с.}};$$

$$C_{\text{ф}} (\text{ртуть}) = C_{3000} (\text{ртуть}) = 0,012 \cdot 0,007 = 0,000084 \text{ мг/м}^3 < \text{ПДК}_{\text{с.с.}}.$$

Предварительный вывод: строительство предприятия «ДИНАМО» планировать можно. Необходимо продолжить исследование ситуации.

4. Требуется рассчитать значения ПДВ окислов азота и ртути для предприятия «ДИНАМО» при условии

$$C_{\text{max}} \leq \text{ПДК}_{\text{с.с.}} - C_{\text{ф}}.$$

$$C_{\text{max}} (\text{окислы азота}) = 0,04 - 0,00072 = 0,03928 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\text{max}} (\text{ртуть}) = 0,0003 - 0,000084 = 0,000216 \text{ мг/м}^3;$$

определяются параметры предприятия «ДИНАМО», необходимые для последующего расчета:

$$A = 200; \quad F = 1; \quad \Gamma = 1; \quad H = 38 \text{ м};$$

$$\Delta T = 93,3 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad V_1 = 7,913; \quad m = 1,006; \quad n = 1,032;$$

для расчета ПДВ используется формула (5.1) из описания практической работы № 1 (с заменой М на ПДВ):

$$\text{ПДВ (окислы азота)} = \\ = 0,03928 \cdot 38^2 \cdot (7,913 \cdot 93,3)^{1/3} \cdot (200 \cdot 1 \cdot 1,006 \cdot 1,032 \cdot 1)^{-1} = 2,47 \text{ г/с};$$

$$\text{ПДВ (ртуть)} = 0,000216 \cdot 38^2 \cdot (7,913 \cdot 93,3)^{1/3} \cdot (200 \cdot 1 \cdot 1,006 \cdot 1,032 \cdot 1)^{-1} = \\ = 0,0136 \text{ г/с}.$$

Предварительные выводы:

- предприятие «ДИНАМО» выбрасывает в атмосферу 1,5 г/с окислов азота, что не превышает значение ПДВ для загрязнителя: $M/ПДВ = 0,6$;
- предприятие «Динамо» выбрасывает в атмосферу 0,3 г/с ртути, что превышает значение ПДВ для данного загрязнителя: $M/ПДВ = 22,0$;
- необходимо продолжить исследование ситуации, так как увеличение высоты трубы в итоге должно привести к выполнению неравенств (5.1) и (5.2) для ртути, выбрасываемой предприятием «ДИНАМО».

5) Расчет минимальной высоты трубы предприятия «ДИНАМО», при которой неравенства (5.1) и (5.2) выполняются, следует производить с помощью формулы (5.3) из описания настоящей работы:

$$H_{\min}(\text{окислы азота}) = (93,3 \cdot 7,913)^{-1/6} \cdot (200 \cdot 1,5 \cdot 1,006 \cdot 1,032 \cdot 1/0,03928)^{1/2} = 29,6 \text{ м};$$

$$H_{\min}(\text{ртуть}) = (93,3 \cdot 7,913)^{-1/6} \cdot (200 \cdot 0,3 \cdot 1,006 \cdot 1,032 \cdot 1/0,000216)^{1/2} = 178,6 \text{ м}.$$

Оформление расчетов по работе

Таблица результатов, полученных при выполнении работы.

Вариант 21. «ЭТАЛОН» + «ДИНАМО»					
Вещество	$C_{ф}, \text{мг/м}^3$	$C_{\max}, \text{мг/м}^3$	ПДВ, г/с	М/ПДВ	$H_{\min}, \text{м}$
окислы азота	0,00072	0,03928	2,47	0,6	29,6
ртуть	0,000084	0,000216	0,0136	22,0	178,6
«ЭТАЛОН» $\alpha = 8,639$; $S_1 = 0,012$.	«ДИНАМО» $\Delta T = 93,3 \text{ } ^\circ\text{C}$; $V_1 = 7,913$; $m = 1,006$; $n = 1,032$; $M(\text{окислы азота}) = 1,5 \text{ г/с}$; $M(\text{ртуть}) = 0,3 \text{ г/с}$				

Выводы:

1. ПДВ окислов азота для проектируемого предприятия «ДИНАМО» при высоте трубы 38 м составляет 2,47 г/с, планируемый выброс равен 1,5 г/с, что составляет 0,6 ПДВ.
2. ПДВ ртути для проектируемого предприятия «ДИНАМО» при высоте трубы 38 м составляет 0,0136 г/с, планируемый выброс равен 0,3 г/с, то есть превышает ПДВ в 22 раза.
3. При выбросе только окислов азота минимальную высоту трубы проектируемого предприятия «ДИНАМО» можно уменьшить до 29,6 м.
4. Для снижения концентрации ртути в атмосферном воздухе до значения, равного или меньшего $ПДК_{с.с.}$, необходимо увеличить высоту трубы проектируемого предприятия «ДИНАМО» до 178,6 м.

5. Строительство предприятия «ДИНАМО» возможно, так как в конечном итоге минимальная высота трубы составляет 178,6 м, что не превышает максимально допустимой для предприятий (200–250 м).

6.3. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятия

Предприятие «ЭТАЛОН»

Для нахождения величины x при условии $1 < x/x_{\max} \leq 8$ следует использовать формулу (5.13) из описания практической работы №1. После выполнения необходимых преобразований выражение для x приобретает вид:

$$x = 2,77x_{\max}(1,13C_{\max}/C^* - 1)^{1/2},$$

где $C^* = 1 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$.

Определяется значение величины x для каждого из четырех загрязняющих веществ:

$$x (\text{зола}) = 2,77 \cdot 347,275 \cdot (1,13 \cdot 0,005 / 0,5 - 1)^{1/2} = ? ;$$

Внимание: если в выражении для вычисления x результат в круглых скобках оказывается отрицательным или равным нулю, то это означает, что для данного загрязняющего вещества на любом расстоянии от источника выбросов (трубы предприятия) не достигается концентрация, превышающая ПДК_{с.с.}, и, следовательно, устанавливать санитарно-защитную зону по этому загрязнителю не требуется.

$$x (\text{окислы азота}) = 2,77 \cdot 347,275 \cdot (1,13 \cdot 0,060 / 0,04 - 1)^{1/2} = 801,947 \text{ м};$$

$$x (\text{фенол}) = 2,77 \cdot 347,275 \cdot (1,13 \cdot 0,019 / 0,003 - 1)^{1/2} = 2386,855 \text{ м};$$

$$x (\text{ртуть}) = 2,77 \cdot 347,275 \cdot (1,13 \cdot 0,007 / 0,0003 - 1)^{1/2} = 4844,902 \text{ м}.$$

Из сравнения численных значений величины x для загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием «ЭТАЛОН», следует, что наибольшее значение величины x относится к ртути. Следовательно, окончательные размеры санитарно-защитной зоны предприятия «ЭТАЛОН» будут определяться выбросами ртути.

Рассчитывается соотношение P/P_0 для каждого из восьми румбов:

$$P_{\text{Ю}}/P_0 = 9/12,5 = 0,72;$$

$$P_{\text{С}}/P_0 = 37/12,5 = 2,96;$$

$$P_{\text{Ю-В}}/P_0 = 10/12,5 = 0,80;$$

$$P_{\text{С-З}}/P_0 = 16/12,5 = 1,28;$$

$$P_{\text{В}}/P_0 = 8/12,5 = 0,64;$$

$$P_{\text{З}}/P_0 = 6/12,5 = 0,48;$$

$$P_{\text{С-В}}/P_0 = 8/12,5 = 0,64;$$

$$P_{\text{Ю-З}}/P_0 = 6/12,5 = 0,48.$$

Значения величины L определяются в соответствии с расчетной формулой, помещенной в описании настоящей работы:

$$L_{\text{Ю}} (\text{ртуть}) = 4844,902 \cdot 0,72 = 3488,3 \text{ м};$$

$$L_{Ю-В} (\text{ртуть}) = 4844,902 \cdot 0,80 = 3875,9 \text{ м};$$

$$L_B (\text{ртуть}) = 4844,902 \cdot 0,64 = 3100,7 \text{ м};$$

$$L_{C-В} (\text{ртуть}) = 4844,902 \cdot 0,64 = 3100,7 \text{ м};$$

$$L_C (\text{ртуть}) = 4844,902 \cdot 2,96 = 14340,9 \text{ м};$$

$$L_{C-3} (\text{ртуть}) = 4844,902 \cdot 1,28 = 6201,5 \text{ м};$$

$$L_3 (\text{ртуть}) = 4844,902 \cdot 0,48 = 2325,6 \text{ м};$$

$$L_{Ю-3} (\text{ртуть}) = 4844,902 \cdot 0,48 = 2325,6 \text{ м}.$$

В заключение на основании полученных результатов выполняется в масштабе чертеж (рисунок) санитарно-защитной зоны предприятия «ЭТАЛОН».

Оформление расчетов по работе

Таблица результатов, полученных при выполнении работы.

Вариант № 21. Предприятие «ЭТАЛОН».				
Характеристика	Загрязняющее вещество			
	зола	окислы азота	фенол	ртуть
$P_{ДК_{с.с.}}$, мг/м ³	0,5	0,04	0,003	0,0003
C_{max} , мг/м ³	0,005	0,060	0,019	0,007
x_{max} , м	347,275	347,275	347,275	347,275
x , м	—	801,947	2386,855	4844,902
$L_{Ю}$, м				3488,3
$L_{Ю-В}$, м				3875,9
L_B , м				3100,7
$L_{C-В}$, м				3100,7
L_C , м				14340,9
L_{C-3} , м				6201,5
L_3 , м				2325,6
$L_{Ю-3}$, м				2325,6
$P_{Ю}/P_0 = 0,72;$ $P_{Ю-В}/P_0 = 0,80;$ $P_B/P_0 = 0,64;$ $P_{C-В}/P_0 = 0,64;$				
$P_C/P_0 = 2,96;$ $P_{C-3}/P_0 = 1,28;$ $P_3/P_0 = 0,48;$ $P_{Ю-3}/P_0 = 0,48.$				

Чертеж (рисунок) санитарно-защитной зоны предприятия «ЭТАЛОН» в масштабе:

Вывод: размеры санитарно-защитной зоны предприятия «ЭТАЛОН» определяются выбросами ртути.

6.4. Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов

Предприятие «ЭТАЛОН».

1. Определение σ

Определяются размеры площадей, занимаемых различными типами территорий города, и значения σ_j :

населенные места – $W_1 = 0,402 \cdot 252,1 = 101,334 \text{ км}^2$,

следовательно, средняя плотность населенных мест г. Томска

$n = 480000/10133,4 = 47,368 \text{ чел./га}$ и $\sigma_1 = 0,1 \cdot 47,368 = 4,737$;

территории промышленных предприятий –

$W_2 = 0,09 \cdot 5252,1 = 23,950 \text{ км}^2$, $\sigma_2 = 4$;

пашни – $W_3 = 0,16 \cdot 252,1 = 40,336 \text{ км}^2$, $\sigma_3 = 0,25$;

леса 1-й группы – $W_4 = 0,11 \cdot 252,1 = 27,731 \text{ км}^2$, $\sigma_4 = 0,2$;

леса 2-й группы – $W_5 = 0,15 \cdot 252,1 = 37,815 \text{ км}^2$, $\sigma_5 = 0,1$.

Рассчитывается значение коэффициента σ :

$$\sigma = (1/252,1) \cdot (101,334 \cdot 4,737 + 23,950 \cdot 4 + 40,336 \cdot 0,25 + 27,731 \cdot 0,2 + 37,815 \cdot 0,1) = 2,361.$$

2) Определение f_i

f_1 (зола) = 10;

f_2 (окислы азота) = f_3 (фенол) =

$$= 4 \cdot (1 + 3)^{-1} \cdot 100 \cdot [100 + (1 + 62,3/75) \cdot 29]^{-1} = 0,653;$$

f_4 (ртуть) = $4 \cdot (1 + 3)^{-1} \cdot \{1000/[60 + (1 + 62,3/75) \cdot 29]\}^{1/2} = 2,974$.

3) Определение M_i^*

Рассчитываются показатели a_i :

$$a_1 (\text{зола}) = 3/0,5 = 6; \quad a_2 (\text{окислы азота}) = 3/0,04 = 75;$$

$$a_3 (\text{фенол}) = 3/0,003 = 1000; \quad a_4 (\text{ртуть}) = 3/0,0003 = 10000.$$

Рассчитываются значения m_i (1 год = 31536000 с):

$$m_1 (\text{зола}) = 0,2 \cdot 31536000 = 6307200 \text{ г/с} = 6,307 \text{ т/год};$$

$$m_2 (\text{окислы азота}) = 2,5 \cdot 31536000 \text{ г/с} = 78,840 \text{ т/год};$$

$$m_3 (\text{фенол}) = 0,8 \cdot 31536000 \text{ г/с} = 25,229 \text{ т/год};$$

$$m_4 (\text{ртуть}) = 0,3 \cdot 31536000 \text{ г/с} = 9,461 \text{ т/год}.$$

Рассчитываются значения M_i^* :

$$M_1^* (\text{зола}) = 6 \cdot 6,307 = 37,842 \text{ усл. т/год};$$

$$M_2^* (\text{окислы азота}) = 75 \cdot 78,840 = 5913,000 \text{ усл. т/год};$$

$$M_3^* (\text{фенол}) = 1000 \cdot 25,229 = 25229,000 \text{ усл. т/год};$$

$$M_4^* (\text{ртуть}) = 1000 \cdot 9,461 = 94610,000 \text{ усл. т/год}.$$

В заключение определяется величина экономического ущерба:

$$Y_{\text{атм}} = 0,24 \cdot 2,361 \cdot (10 \cdot 37,842 + 0,653 \cdot 5913,000 + 0,653 \cdot 25229,000 + 2,974 \cdot 94610,000) = 171173,04 \text{ руб.}$$

Оформление расчетов по работе

Отчет по работе представляется в виде двух таблиц:

Таблица 6.2

Характеристики г. Томска

Тип территории	$W_j, \text{км}^2$	σ_i
Населенные места	101,334	4,737
Территории промышленных предприятий	23,950	4
Пашни (приусадебные участки)	40,336	0,25
Леса 1-й группы	27,731	0,2
Леса 2-й группы	37,815	0,1
$n = 47,368 \text{ чел./га}; \quad \sigma = 2,361.$		

Таблица 6.3

Характеристики предприятия

Вариант 21 – предприятие «ЭТАЛОН»				
Загрязняющее вещество	Характеристика			
	f_i	a_i	$m_i, \text{т/год}$	$M_i^*, \text{усл. т/год}$
Зола	10	6	6,307	37,842
Окислы азота	0,653	75	78,840	5913,000
Фенол	0,653	1000	25,229	25229,000
Ртуть	2,974	10000	9,461	94610,000
$Y_{\text{атм}} = 171173,04 \text{ руб.}$				

7. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА КОЛИЧЕСТВО РАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ КИСЛОРОДА

Такое понятие, как «загрязнение воды», различными людьми понимается по-разному. Для одних это означает присутствие в воде опасных или ядовитых химических продуктов, для других - присутствие болезнетворных микробов. Еще кому-то загрязнением представляются плавающие в воде водоросли и другие, укорененные на дне растения. Однако для многих специалистов уровень загрязнения воды определяется присутствием органических отходов. Источниками таких отходов могут быть фабрики и заводы, сельское хозяйство или города. В состав этих отходов входят главным образом углерод, водород, кислород и азот. Окисление указанных элементов обуславливает многие неблагоприятные ситуации, создающиеся в загрязненных реках и озерах.

Чтобы понять, какую роль играет загрязнение воды органическими отходами, рассмотрим следующий эксперимент. Если мы смешаем сахар и желатин, а затем растворим эту смесь в открытом сосуде с водой, то получившийся раствор будет прозрачным. На глаз раствор не покажется нам «загрязненным». В такой воде (после полного удаления хлора) может жить рыба, по крайней мере, некоторое время. Однако меньше чем через неделю вода в сосуде становится мутной. Растворенный кислород, который необходим для жизни рыбы, оказывается израсходованным, и рыба в сосуде погибает.

В данном случае органическими отходами оказываются сахар и желатин. Вместе они создают условия, в которых рыба и другие водные существа жить не могут, а условия эти - отсутствие кислорода. При наличии кислорода органические вещества, в нашем примере сахар и желатин, распадаются на более простые в результате активности бактерий; этот процесс именуется биохимическим окислением. Если определенные бактерии присутствуют в достаточном количестве, то углерод (С) сахара и желатина окисляется до двуокиси углерода (CO_2). Далее водород (Н) сахара и желатина окисляется до воды (H_2O). Наконец, азот (N) желатина постепенно превращается в нитрат-ион (NO_3^-). Все эти реакции требуют присутствия кислорода. Суммарный эффект проявляется в значительном снижении количества кислорода, растворенного в воде.

Кислород в природных водоёмах

Когда вода в природных водоемах хорошо перемешивается, в ней растворяется максимальное количество кислорода; такое состояние называется насыщающей концентрацией. Последнюю выражают в миллиграммах кислорода, которые могут быть растворены в 1 л воды до предельного насыщения. Насыщающая концентрация достигает значений 8-9 мг кислорода на 1 л воды в зависимости от температуры. Летом при более высоких

окружающих температурах насыщающая концентрация падает до значений $8 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Зимой в более холодной воде эта концентрация близка к $9 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$.

Если концентрация органических веществ в пробе воды достаточно велика, то при окислении органики бактериями и простейшими может израсходоваться весь запас кислорода в пробе; иными словами, концентрация кислорода может уменьшиться до нуля. Когда в каком-либо природном водоеме кислород отсутствует полностью, говорят, что в таком водоеме создались анаэробные условия. В анаэробных условиях или при очень малых концентрациях кислорода нормальная жизнь водных организмов, таких, как рыбы, становится невозможной, и они погибают. Немногие виды, которые способны не только выжить, но и бурно развиваться, обладают особыми адаптациями к этим условиям.

При малом содержании кислорода нормальная популяция аэробных бактерий (бактерий, которым необходим кислород) также погибает. Вместо них развивается популяция бактерий, использующих для своей жизнедеятельности серу. Атомы серы присутствуют в органических отходах; по строению они похожи на атомы кислорода, за исключением того, что имеют дополнительную электронную оболочку. Поэтому сера способна заменить кислород в реакциях окисления; при этом, например, вместо воды (H_2O) образуется сульфид водорода (H_2S). Хорошо знакомый запах тухлых яиц - это запах сульфида водорода (сероводорода).

Подводя итоги, можно сказать, что окисление органических отходов бактериями ведет к исчезновению кислорода в воде. В условиях, когда кислород полностью отсутствует, рыбы жить не могут, способны существовать лишь немногие виды животных, специально адаптированных к этим условиям. В такой анаэробной среде специализированные бактерии образуют среди других конечных продуктов сероводород с характерным запахом тухлых яиц.

Чистота воды и содержание в ней кислорода. Теперь, когда мы знаем, каким образом органические загрязнения могут изменить концентрацию растворенного в воде кислорода, мы можем изучить реакцию водных организмов на такое загрязнение. При попадании в реку органических веществ с бытовыми и промышленными сточными водами концентрация растворенного кислорода в воде уменьшается. Это вызвано окислением органических веществ бактериями или простейшими. Естественное перемешивание воды с воздухом в принципе способно возместить удаленный кислород, однако это происходит не сразу. Поначалу возникает конкуренция между факторами, способствующими обеднению воды кислородом (за счет окисления органических отходов), и факторами, восстанавливающими содержание кислорода в воде (перемешивание воды с воздухом). Эта конкуренция создает типичную картину концентрации кислорода по течению реки.

В потоке выделяются четыре основные зоны:

1. Зона чистой воды (высокий уровень растворенного кислорода) выше места сброса сточных вод.
2. Зона ухудшения качества воды (уровень растворенного кислорода падает).
3. Зона ущерба (относительно постоянный и очень низкий уровень растворенного кислорода).
4. Зона восстановления (повышение уровня растворенного кислорода). Разумеется, если сточные воды сбрасываются в реку многократно вдоль ее течения, то зона ущерба может протянуться на много километров. Такие условия возникают вдоль рек, протекающих в крупных городских и промышленных районах.

Зона чистой воды. Эта зона находится вверх по течению от источника сброса сточных вод; здесь в чистой воде обитают рыбы, моллюски, личинки поденок и ручейников и многие другие виды (рис. 7.1). Чтобы выжить, этим животным требуется растворенный в воде кислород. Если концентрация кислорода в воде снижается, то эти чувствительные к кислороду виды исчезают первыми. К ним относятся также форель, окунь, лосось, минога. Хотя потребность различных видов рыб в кислороде неодинакова, биологи в целом полагают, что для поддержания жизнедеятельности рыб в воде должно содержаться не менее $5 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$ кислорода.

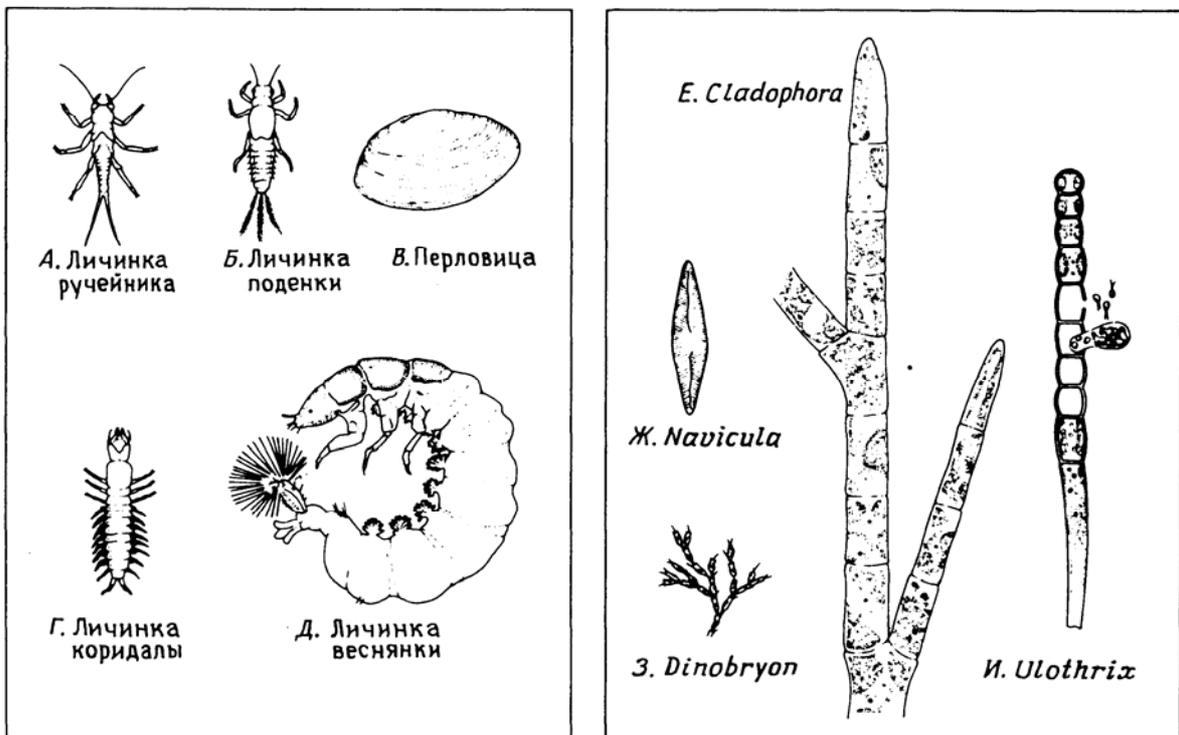


Рис. 7.1. А-Д. Организмы, которым необходимы чистая вода и чистое дно. Е-И. Водоросли, живущие только в чистой воде

Зона ухудшения качества воды. Эта зона находится ниже по течению от места сброса в реку органических отходов. Виды, которые способны выживать при несколько пониженных уровнях растворенного кислорода, называются умеренно толерантными. Примеры этих видов представлены на рис. 7.2. Различные твердые частицы, присутствующие в сточных водах, могут сделать воду мутной.

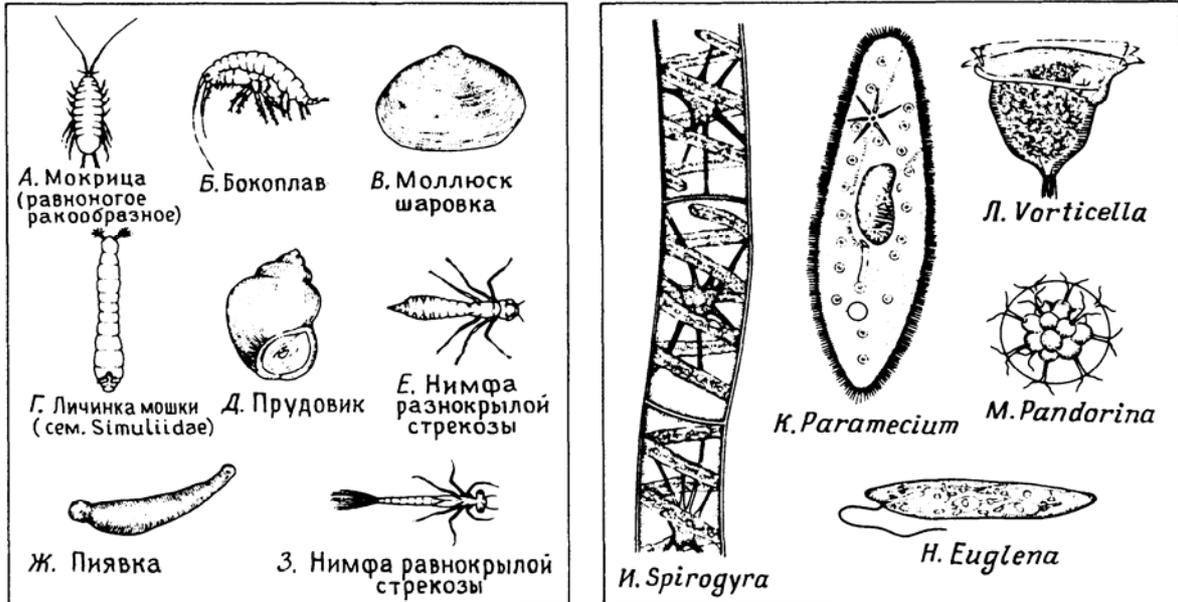


Рис. 7.2. Водные организмы, толерантные к промежуточным уровням загрязнения воды. А-З. Донные животные. И-Н. Водоросли и простейшие

Зона ущерба. Эта зона, следующая за зоной ухудшения качества воды, характеризуется тем, что растворенный в воде кислород практически отсутствует. При крайне низкой концентрации кислорода в воде способны выживать лишь немногие виды, а многочисленные виды, которые характерны для чистой воды, полностью исчезают. Их замещает группа организмов, называемых толерантными вследствие их способности обитать в условиях крайне низкого содержания кислорода. Один из таких организмов - трубочник, питающийся различными остатками и способный существовать при содержании кислорода в воде всего $0,5 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Другой обитатель загрязненного донного ила - личинка крыска (личинка обыкновенной пчеловидки). Эта личинка дышит при помощи длинной дыхательной трубки, достигающей поверхности воды. Их может быть так много, что они покрывают сплошным колеблющимся красным ковром все дно ручья или реки. Еще один обитатель этой зоны - красная личинка комара-дергуна, или «мотыль». Как и трубочник, она питается донным илом. Организмы этой зоны представлены на рис. 7.3.

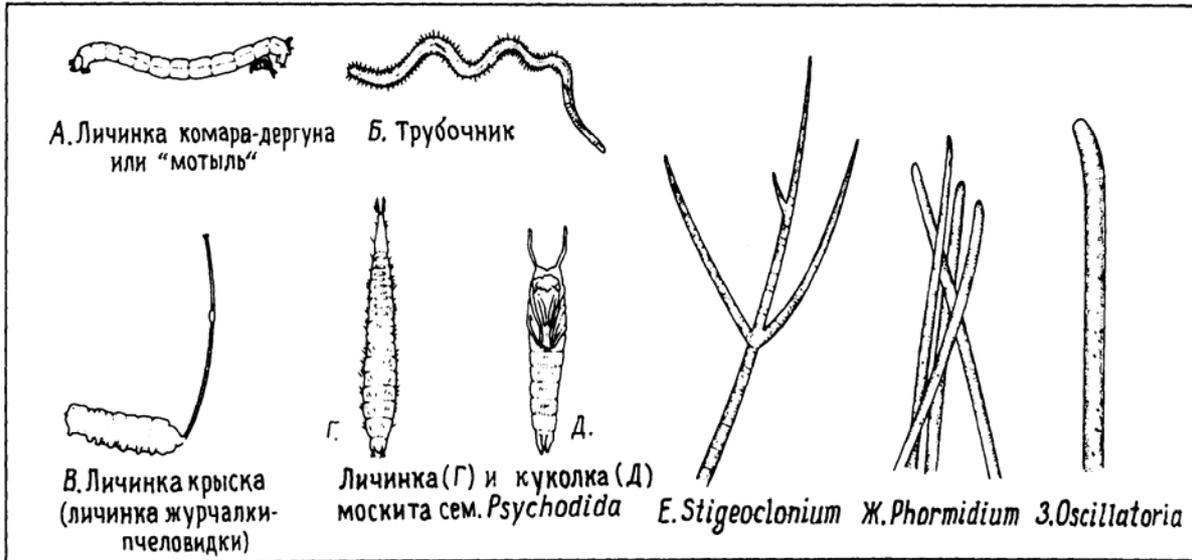


Рис.7.3. Водные организмы, толерантные к высоким уровням загрязнения воды. А- Д. Донные животные. Е-З. Водоросли

В зоне чистой воды многие виды сосуществуют в тесном соседстве друг с другом, причем каждый вид представлен умеренным числом особей. В зоне ущерба обитает очень небольшое число видов, но численность их может быть колоссальной. Если в зоне ущерба не удастся обнаружить большого количества организмов, устойчивых к загрязнениям, то весьма вероятно, что какие-либо ядовитые химические отходы препятствуют увеличению их числа.

Зона восстановления. За зоной ущерба следует зона восстановления. Здесь вода становится чище и пропускает солнечный свет. В результате этого содержание кислорода в воде увеличивается до более приемлемых значений. С осветлением воды и восстановлением количества растворенного кислорода в воде начинают появляться водоросли. Их присутствие может привести к колебаниям содержания кислорода в воде. В дневные часы водоросли выделяют кислород как побочный продукт фотосинтеза. Однако ночью дыхание водорослей и их разложение приводит к вторичному уменьшению концентрации кислорода. Эти вызванные наличием водорослей колебания содержания кислорода в воде могут привести к тому, что типичное водное сообщество, организмы которого требуют для своего существования кислорода, уже не восстановится. Ниже зоны восстановления могут снова появиться виды, характерные для зоны чистой воды.

Как измерить уровень органических загрязнений

Не исключено, что вы заинтересуетесь, каким образом количественно оценивается степень загрязненности воды органическими соединениями. Знание этого может помочь нам предсказать, какое количество кисло-

рода будет затрачено на окисление органических веществ. А это в свою очередь может помочь определить, какие виды будут присутствовать в такой воде.

К сожалению, измерение количества каждого органического вещества в сточных водах оказывается исключительно сложной, а возможно, и невыполнимой работой. Каждое присутствующее в отходах вещество сначала должно быть идентифицировано, что само по себе оказывается непростой задачей. Далее, коль скоро будет показано, что некое вещество содержится в воде, необходимо измерить его количество. Тогда, если нам известно количество кислорода, затрачиваемое бактериями на окисление 1 г каждого содержащегося в воде вещества, то мы сможем рассчитать, сколько кислорода будет истрачено на окисление всех отходов в 1 л загрязненной воды.

Гораздо более легкий путь измерения концентрации органических отходов в воде был предложен в Англии в начале нашего столетия. Предложенный метод позволяет определить не только концентрацию органических веществ, но и количество кислорода, которое будет извлечено из воды при окислении всех органических веществ, содержащихся в ней. Этот показатель называется биохимическим потреблением кислорода (БПК) и представляет собой то количество кислорода, которое необходимо для окисления бактериями и простейшими всей органики в 1 л загрязненной воды. БПК выражается в миллиграммах кислорода на 1 л.

Предположим, что мы исследуем пробу воды, загрязненной городскими сточными водами. Известно, что БПК для этой пробы составляет $120 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Это означает, что бактерии и простейшие на окисление всех органических веществ в 1 л этой воды потребуют 120 мг кислорода. Теперь предположим, что 50 мл (0,05 л) загрязненной воды смешали с 950 мл чистой воды. В результате проба окажется разбавленной в количестве 50 частей на 1000, или $1/20$ первоначальной смеси. Значение БПК смеси будет равно $1/20 \times 120$ или $6 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$.

Эта ситуация аналогична той, которая возникает в природе, когда бытовые сточные воды попадают в ручей или речку с достаточным стоком воды. Предположим, что БПК в сточной воде составляет $120 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$ значение, которое мы назвали выше. Предположим далее, что жилой комплекс (скажем, город) сбрасывает в реку 48 млн. л сточных вод в день, а забирает из реки выше места сброса 72 млн. л чистой воды в день. Тогда БПК для смеси (сточные воды + речная вода) с учетом разведения $1/20$ составит $6 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Это то количество кислорода, которое будет израсходовано на 1 л воды в реке после сброса в нее сточных вод. Учитывая, что чистая вода содержит кислород в количестве, не превышающем $9 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$, мы приходим к выводу, что содержание кислорода в реке ниже места сброса может опускаться до очень низкого уровня. Насколько низким оно будет, фактически зависит от многих факторов, но прежде всего, от скорости

окисления органических загрязнений бактериями и от скорости естественного возобновления содержания кислорода в воде.

Таким образом, значение БПК говорит биологу о потенциальной возможности сточных вод истощать запасы кислорода в реке. Этот показатель - весьма важный индикатор загрязнения воды, поскольку именно недостаток кислорода приводит к гибели рыбы, а также порождает неприятный запах и развитие популяций нежелательных организмов, устойчивых к разного рода загрязнениям. БПК ничего не говорит нам о том, какие именно органические вещества и в каком количестве содержатся в воде. Тем не менее, этот показатель дает возможность быстро и наглядно оценить максимальную опасность загрязнения, которую создают сточные воды.

Измерение концентрации органических отходов

Процедура определения БПК включает определенное число этапов. Сначала пробу загрязненной воды тщательно измеренного объема разбавляют гораздо большим (тоже точно измеренным) объемом чистой воды. Для этой цели используют специальную бутылку объемом 300 мл. Чистая вода предварительно многократно встряхивается на воздухе, с тем, чтобы она поглотила максимально возможное количество кислорода. Таким образом, эта вода предельно насыщена кислородом. Вода также может быть «заселена» микроорганизмами, известными своей способностью удалять органические отходы в присутствии кислорода. Если мы измеряем БПК загрязненной речной воды, то необходимые микроорганизмы, скорее всего, уже присутствуют в пробе. Смесь загрязненной и чистой воды наливают в бутылку, заполняя её доверху. Затем бутылка закрывается хорошо притертой пробкой. Такая укупорка препятствует дополнительному попаданию кислорода из воздуха. Обычно таким способом подготавливают две бутылки с пробами одной и той же загрязненной воды.

Одну из бутылок помещают в темноту при температуре 20 °С и выдерживают через пять полных суток. Темнота необходима для предупреждения роста водорослей, которые могут выделять кислород в исследуемую воду в качестве побочного продукта фотосинтеза. Этот кислород окажется помехой для правильного измерения БПК и его появление необходимо исключить. Другая бутылка с пробой воды исследуется незамедлительно с целью определения фактического количества растворенного кислорода.

Для измерения количества растворенного в воде кислорода существует несколько методов, в том числе химический и электрохимический. Химический метод требует выполнения определенных процедур и набора специальных реактивов. Для электрохимического метода достаточно лишь ввести в исследуемую воду зонд (электрод). Однако электроды должны быть прокалиброваны, иными словами, отсчеты при измерениях должны быть сопоставлены со значениями содержания кислорода, а это требует предварительного тестирования.

Предположим, что количество растворенного кислорода в бутылке, измеренное сразу же после взятия пробы, составляет 7,5 мг. Предположим далее, что в бутылке, хранившейся в темноте пять суток, количество кислорода составляет 6,0 мг. Попадание кислорода во вторую бутылку из какого-либо источника совершенно исключено, следовательно, разность между первоначальным количеством и количеством, присутствующим через пять суток после пребывания в темноте, должна определять количество кислорода, удаленного из воды микроорганизмами (1,5 мг).

Допустим, что первоначальная проба загрязненной воды, впоследствии разбавленная, имела объем 10 мл. Таким образом, если на 10 мл этой загрязненной воды было израсходовано 1,5 мг кислорода, то на 1 л (1000 мл) загрязненной воды расходуется 150 мг кислорода. Отсюда следует, что БПК загрязненной воды составляет $150 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$.

К концу пятых суток скорость удаления кислорода из воды становится очень небольшой. После этого срока из пробы воды за сутки удаляется лишь очень незначительное количество кислорода. Вот почему 5-дневный БПК - это величина, обычно используемая как мера обеднения кислорода за счет загрязнения воды.

Химическая потребность в кислороде

Величина БПК - важная мера загрязнения воды органическими веществами, поскольку она показывает, какое предельное количество кислорода может быть удалено из воды за счет биологического окисления органических отходов. К сожалению, для определения БПК необходимо пять суток, а иногда такие данные требуется получить гораздо быстрее.

Потребность в быстром измерении концентрации органических отходов была удовлетворена разработанным специалистами методом химического определения этой величины, не связанным с деятельностью микроорганизмов. В этом случае вместо микроорганизмов для окисления органических веществ применяется бихромат калия и серная кислота. Эта смесь окисляет практически все органические вещества, содержащиеся в загрязненной воде, даже те, которые микроорганизмы окислять не могут. Следовательно, этот метод в общем дает более высокие значения содержания окисляемой органики, чем метод определения БПК.

Результаты проверки выражаются в виде значений химической потребности в кислороде (ХПК). Единицы, в которых измеряется ХПК, те же, что и единицы БПК, а именно миллиграммы на литр ($\text{мг} \times \text{л}^{-1}$).

Предположим для примера, что у нас имеется проба загрязненной воды с ХПК, равным $100 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Полагают, что органическое вещество, содержащееся в 1 л этой воды, при окислении заберет из речной воды меньше 100 мг кислорода. Объяснить это можно тем, что микроорганизмы в речной воде не способны окислить все органические вещества, которые окисляются химическими реактивами при определении ХПК.

Пример 1. Определить БПК сточной воды, если количество растворенного кислорода в бутылке, измеренного сразу же после взятия пробы, составляет $m_1 = 7,5$ мг, а в плотно закрытой бутылке с той же пробой, хранящейся в темноте пять суток, количество кислорода составляет $m_2 = 6,5$ мг. Первоначально проба загрязненной воды, в последствии разбавленной, имела объем $V_1 = 10$ мл.

Решение. Количество израсходованного на окисление органических веществ кислорода в $V_1 = 10$ мл загрязненной воды составило

$$m_1 - m_2 = 7,5 - 6,5 = 1 \text{ мг.}$$

Таким образом, на $V_1 = 10$ мл загрязненной воды было израсходовано 1 мг кислорода. На 1 литр (1000 мл) загрязненной воды потребуется для окисления органических веществ 100 мг кислорода. Отсюда следует, что БПК равняется $100 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$.

Ответ: БПК = $100 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$.

Пример 2. Жилой комплекс сбрасывает в речку 50 млн. л сточных вод в день, которые смешиваются с чистой водой в реке $\frac{1}{20}$. БПК сточной воды составляет $100 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Какое БПК будет иметь вода в зоне загрязнения?

Решение. Так как загрязненная вода смешивается с чистой при соотношении $\frac{1}{20}$, то БПК смеси = $\frac{1}{20} \times 100 = 5 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$.

Ответ: БПК смеси = $5 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$.

Пример 3. Правильно ли сделали измерение БПК сточной воды, если проведенный замер показал $150 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$, а замер ХПК показал $100 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$?

Решение. Измерение было неверным, так как смесь бихромата калия и серной кислоты окисляет практически все органические вещества, содержащиеся в загрязненной воде, даже те, которые микроорганизмы окислять не могут. Следовательно, метод ХПК дает более высокие значения содержания органики, чем метод БПК.

8. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Для выполнения контрольных заданий студенту необходимо проработать теоретический материал учебных и учебно-методического пособий по общей экологии, а также дополнительные источники, указанные в перечне литературы.

При ответе на теоретические вопросы необходимо представлять графические материалы (рисунки, схемы, чертежи и др.), поясняющие сущность излагаемого вопроса. Практические работы следует оформлять в соответствии с требованиями, изложенными в описаниях работ.

Выполненные контрольные задания могут быть представлены как в печатном, так и в рукописном виде.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

ВАРИАНТ №1

1. Раскрыть проблему взаимоотношений Человека и Природы.
2. В чем особенности системной концепции в экологии?
3. Проанализировать закон макроэкологии «Всё должно куда-то деваться».
4. Целевая функция живой системы.
5. Классификация экологических факторов. Привести примеры.
6. Абсолютная и относительная влажность среды.

ВАРИАНТ №2

1. Дайте определение экологии как науки.
2. Почему стал возможен системный подход к изучению природы?
3. Проанализировать закон макроэкологии «Ничто не даётся даром».
4. Единство и разнообразие живых систем.
5. Стадии общего адаптационного синдрома.
6. Эвригигробионтные и стеногигробионтные организмы.

ВАРИАНТ №3

1. Какие вопросы и проблемы рассматривает «Общая экология»? Назовите основные её разделы.
2. Какие существуют точки зрения на роль и место человека в природе?
3. Проанализировать закон макроэкологии «Природа знает лучше».
4. Закон физико-химического единства живого вещества.
5. Влияние температуры на жизненные процессы организма.
6. Пойкилогидридные и гомеогидридные растения.

ВАРИАНТ №4

1. Какие вопросы и проблемы являются предметом изучения «Социальной и прикладной экологии»?
2. В чем особенности современных представлений об экологии?
3. Закон больших чисел и принцип Ле Шателье в экологии.
4. Термодинамика биологических систем.
5. Температурные пороги жизни организмов.
6. Провести сравнение гигрофитов, мезофитов и ксерофитов между собой.

ВАРИАНТ №5

1. Аутэкология и синэкология.
2. Сформулируйте основные особенности и задачи современной экологии.
3. Закон необратимости эволюции и правило ускорения эволюции.
4. Факторы, влияющие на метаболические процессы в организмах.
5. Зависимость скорости метаболизма от температуры у пойкилотермных организмов.
6. Суккуленты и склерофиты.

ВАРИАНТ №6

1. Почему экологию относят к системным наукам? Назовите основные виды систем и присущие им связи.
2. Какие основные этапы в развитии экологии как науки можно выделить?
3. Проанализировать закон ограниченности ресурсов.
4. Стадии развития организма в онтогенезе.
5. Температурные адаптации пойкилотермных организмов.
6. Совместное действие температуры и влажности.

ВАРИАНТ №7

1. Раскройте содержание понятий «эммерджентность», «энтропия».
2. Каковы основные причины конфликта между обществом и природой в современных условиях?
3. Закон минимума. Привести примеры.
4. Дать развернутую характеристику империи клеточных организмов.
5. Механизмы терморегуляции гомойотермных организмов.
6. Обосновать продолжительность жизни куколки яблоневой плодожорки в зависимости от влажности и температуры.

ВАРИАНТ №8

1. Что изучает экология? Каковы задачи и значение этой науки?
2. Составьте краткую характеристику уровней организации живого вещества.
3. Закон толерантности.
4. Прокариоты и эукариоты. Привести примеры.
5. Биологическое действие ионизирующего излучения на организмы.
6. Атмосферные газы как экологический фактор.

ВАРИАНТ №9

1. Раскройте содержание понятий «теоретическая экология», «прикладная экология», «социальная экология».
2. Антропоцентрический и биоцентрический подходы к проблеме взаимоотношений Человека и Природы.
3. Стенотермные и эвритермные организмы.
4. Среда обитания организма.
5. Биологическое действие ультрафиолетовых лучей на организмы.
6. Соответствие между последовательными вертикальными и горизонтальными растительными зонами. Привести примеры.

ВАРИАНТ №10

1. Чем отличаются первоначальные и современные определения экологии как науки? Чем обусловлены эти отличия?
2. Структура современной экологии.
3. Обобщающая концепция лимитирующих факторов.
4. Абиотические и биотические факторы среды.
5. Биологическое действие видимого света на организмы.
6. Биогенные макроэлементы.

ВАРИАНТ №11

1. С какими небιологическими научными дисциплинами связана современная экология? Приведите примеры практической связи.
2. Дать анализ методов математического моделирования в экологии.
3. Закон конкурентного исключения.
4. Роль адаптации организмов в их приспособлении к природной среде.
5. Свет как фактор фотосинтеза.
6. Биогенные микроэлементы.

ВАРИАНТ №12

1. Почему в современной экологии важен системный подход? Приведите пример его прикладного применения.
2. Дать характеристику биоэкологии и геоэкологии.
3. Основной закон экологии.

4. Сущность адаптации организмов.
5. Влияние интенсивности света на жизнедеятельность организмов.
6. Состав и структура почв.

ВАРИАНТ №13

1. Обосновать, почему задачей современной экологии является формирование нового мировоззрения, новой идеологии, новой стратегии выживания человечества.
2. Дать характеристику прикладной экологии.
3. Проанализировать различие между растущими и зрелыми экосистемами.
4. Пойкилотермные организмы.
5. Экологические группы растений по отношению к свету.
6. Экологические факторы почв.

ВАРИАНТ №14

1. Какой вклад внесли в развитие экологии ученые Древнего мира?
2. Методы регистрации и оценки состояния природной среды.
3. Уровни биологической организации.
4. Гомойотермные организмы.
5. Свет и биологические ритмы организмов.
6. Атмосферное электричество.

ВАРИАНТ №15

1. Чем характеризуется развитие экологии на рубеже XVIII и XIX веков?
2. Проанализировать закон макроэкологии «Всё связано со всем».
3. Свойства живой системы.
4. Гетеротермные организмы.
5. Значение воды для функционирования живых организмов.
6. Влияние огня на жизнь растений и животных.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2**ВАРИАНТ №1**

1. Шум как естественный экологический фактор.
2. Особенности адаптации животных к водной среде.
3. Дать анализ географической зональности суши северного полушария в зависимости от степени увлажнения поверхности.
4. Экологические группы почвенных организмов.
5. Генетическая структура популяции.
6. Стаи и стада как форма объединения животных.

ВАРИАНТ №2

1. Влияние магнитного поля Земли на организмы.
2. Провести анализ экологических факторов обитания организмов воздушной и водной среды.
3. Изменение растительности в зависимости от изменения широты и высоты местности.
4. Раскрыть понятие «жизненная форма организма».
5. Экологическая структура популяции.
6. Влияние группы на жизнедеятельность особей в популяции.

ВАРИАНТ №3

1. Влияние ионизирующего излучения на организмы.
2. Адаптация живых организмов к наземно-воздушной среде.
3. Основные типы почв.
4. Классификация жизненных форм растений по К.Раункиеру.
5. Численность популяций.
6. Внутривидовой эндопаразитизм.

ВАРИАНТ №4

1. Нектон, планктон. Привести примеры.
2. Плотность воздуха как экологический фактор влияния на растения и животных.
3. Состав органического вещества почвы.
4. Проанализировать соотношение разных жизненных форм растений по системе К.Раункиера в местностях, расположенных в разных областях земного шара.
5. Средняя и экологическая плотность популяции.
6. Внутривидовой паразитизм и конкуренция.

ВАРИАНТ №5

1. Роль фитопланктона в жизни водоемов.
2. Свет как экологический фактор влияния на растения.
3. Круговорот органического вещества в почве.
4. Провести анализ классификации жизненных форм растений по Высоцкому-Козакевичу.
5. Динамика численности и плотности популяций.
6. Межвидовые взаимоотношения: конкуренция.

ВАРИАНТ №6

1. Зообентос и фитобентос. Привести примеры.
2. Свет как экологический фактор влияния на животных.
3. Взаимодействие растений и почвенной среды.
4. Дать анализ жизненных форм покрытосеменных растений по И.Г.Серебрякову.
5. Три типа выживания особей в популяции.
6. Межвидовые взаимоотношения: хищничество.

ВАРИАНТ №7

1. Температурный режим водоемов зимой и летом.
2. Факторы, определяющие интенсивность света на поверхности Земли.
3. Разновидности и состав гумуса.
4. Классификация жизненных форм животных по Д.Н.Кашкарову.
5. Экспоненциальный рост популяции.
6. Межвидовые взаимоотношения: паразитизм.

ВАРИАНТ №8

1. Влияние плотности воды на обитателей морей и океанов.
2. Приспособление организмов к жизни в наземной среде при различных световых режимах.
3. Гравитационная, капиллярная и гигроскопическая вода.
4. Привести примеры различных жизненных форм животных.
5. Логистический рост популяции.
6. Межвидовые взаимоотношения: мутуализм.

ВАРИАНТ №9

1. Влияние светового режима на обитателей морей и океанов.
2. Дать анализ кривых фотосинтеза светолюбивых и теневыносливых растений.
3. Геобионты, геофилы и геоксены.
4. Классификация жизненных форм птиц. Дать краткую характеристику.
5. r – стратегия. Привести примеры.

6. Влияние межвидовых взаимоотношений на динамику численности организмов в биоценозе.

ВАРИАНТ №10

1. Стеногалинные и эвригалинные организмы водной среды.
2. Физиологические адаптации растений и животных к световым условиям наземно-воздушной среды.
3. Микробиотип, мезобиотип и макробиотип.
4. Классификация жизненных форм рыб.
5. К – стратегия. Привести примеры.
6. Математические модели Лотки-Вольтерры в системе «хищник-жертва». Привести примеры.

ВАРИАНТ №11

1. Солевой состав различных водоёмов. Его влияние на жизнь водных организмов.
2. Физиологические адаптации растений и животных к водному режиму наземно-воздушной среды.
3. Роль эдафических факторов в распределении растений и животных.
4. Классификация жизненных форм насекомых.
5. Провести анализ характерных особенностей г и К стратегий.
6. Математические модели Лотки-Вольтерры в системе «паразит-хозяин». Привести примеры.

ВАРИАНТ №12

1. Кислород как экологический фактор водной среды.
2. Физиологические адаптации животных к снежному покрову.
3. Эктопаразиты и эндопаразиты.
4. Дать определение популяции. Привести примеры.
5. Саморегулирование численности особей в популяции.
6. Уточненная система дифференциальных уравнений для моделирования взаимоотношений типа «хищник-жертва».

ВАРИАНТ №13

1. Углерод как экологический фактор водной среды.
2. Влияние температурного режима на жизнедеятельность растений.
3. Среда обитания паразитов.
4. Пространственная подразделённость популяции.
5. Внутривидовые взаимоотношения: семейный образ жизни.
6. Понятие биоценоза. Привести примеры.

ВАРИАНТ №14

1. Экологическая пластичность организмов водной среды.
2. Влияние температурного режима на жизнедеятельность животных.
3. Гиперпаразитизм.
4. Возрастная структура популяции.
5. Внутривидовые взаимоотношения: колонии.
6. Видовое разнообразие биоценоза.

ВАРИАНТ №15

1. Особенности адаптации растений к водной среде.
2. Географическая поясность и зональность.
3. Классификация жизненных форм организмов.
4. Половая структура популяции.
5. Внутривидовые взаимоотношения: одиночный образ жизни.
6. Эдификаторы и консорция в биоценозе.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №3**ВАРИАНТ №1**

1. Пространственная структура биоценоза.
2. Трансформация солнечной энергии на Земле.
3. Пресноводная экосистема: пруды.
4. Объяснить процессы, происходящие при формировании леса на брошенных землях.
5. Средообразующая и средорегулирующая функции экосферы.
6. В пробе сточной воды сразу же после взятия количество кислорода составляло $m_1 = 6,5$ мг, а в плотно закрытой бутылке с той же пробой, хранящейся в темноте 5 суток, количество кислорода составляло $m_2 = 6,0$ мг. Первоначальная проба загрязненной воды, впоследствии разбавленной, имела объем $V_1 = 10$ мл. Рассчитать БПК и определить, будут ли в этой воде жить личинки ручейника и личинки поденок?

ВАРИАНТ №2

1. Вертикальная структура биоценоза.
2. Сухопутная экосистема: тундра.
3. Пресноводные экосистемы: водохранилища.
4. Первичные сукцессии. Привести примеры.
5. Биологическое разнообразие как основа стабильности биосферы.
6. В пробе сточной воды сразу же после взятия количество кислорода составляло $m_1 = 6,5$ мг, а в плотно закрытой бутылке с той же пробой, хранящейся в темноте 5 суток, количество кислорода составляло $m_2 = 5,5$ мг. Первоначальная проба загрязненной воды, впоследствии разбавленной, имела объем $V_1 = 10$ мл. Рассчитать БПК и определить, будут ли в этой воде жить пиявки и личинки мошки?

ВАРИАНТ №3

1. Типы ярусов в биоценозе.
2. Сухопутная экосистема: тайга.
3. Лимитирующие факторы морских экосистем.
4. Вторичные сукцессии. Привести примеры.
5. Понятие о глобальных биогеохимических циклах в биосфере.
6. В пробе сточной воды сразу же после взятия количество кислорода составляло $m_1 = 6,0$ мг, а в плотно закрытой бутылке с той же пробой, хранящейся в темноте 5 суток, количество кислорода составляло $m_2 = 4,0$ мг. Первоначальная проба загрязненной воды, впоследствии разбавленной, имела объем $V_1 = 10$ мл. Рассчитать БПК. Определить, какие из перечисленных водных организмов могут обитать в этой воде: личинка веснянки, личинка мошки, личинка крыска.

ВАРИАНТ №4

1. Горизонтальная структура биоценоза: микроценоз, парцелла и микрогруппировки.
2. Сухопутная экосистема: листопадные леса умеренной зоны.
3. Морские экосистемы: лиманы.
4. Общие закономерности сукцессий.
5. Биологический и экологический круговороты веществ на Земле.
6. В пробе сточной воды сразу же после взятия количество кислорода составляло $m_1 = 6,5$ мг, а в плотно закрытой бутылке с той же пробой, хранящейся в темноте 5 суток, количество кислорода составляло $m_2 = 4,0$ мг. Первоначальная проба загрязненной воды, впоследствии разбавленной, имела объем $V_1 = 10$ мл. Рассчитать БПК и определить, будут ли в этой воде жить личинки ручейника и личинки поденок?

ВАРИАНТ №5

1. Экологические ниши.
2. Сухопутная экосистема: степи умеренной зоны.
3. Морские экосистемы: океаны.
4. Стабильные и нестабильные биоценозы.
5. Круговорот углерода.
6. В пробе сточной воды сразу же после взятия количество кислорода составляло $m_1 = 6,0$ мг, а в плотно закрытой бутылке с той же пробой, хранящейся в темноте 5 суток, количество кислорода составляло $m_2 = 5,0$ мг. Первоначальная проба загрязненной воды, впоследствии разбавленной, имела объем $V_1 = 10$ мл. Рассчитать БПК. Определить, какие из перечисленных водных организмов могут обитать в этой воде: личинка веснянки, личинка мошки, личинка крыска.

ВАРИАНТ №6

1. Изменчивость экологических ниш в пространстве.
2. Сухопутная экосистема: растительность средиземноморского типа.
3. Горизонтальная и вертикальная зональность в море.
4. Понятие о биосфере.
5. Круговорот кислорода.
6. Правильно ли сделали измерение БПК сточной воды, если замер показал $\text{БПК} = 100 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$, а замер ХПК = $150 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$?

ВАРИАНТ №7

1. Изменчивость экологических ниш во времени.
2. Сухопутная экосистема: пустыни.
3. Пищевые цепи и трофические уровни в экосистемах.
4. Учение В.И.Вернадского о биосфере.
5. Круговорот азота.

6. Правильно ли сделали измерение БПК сточной воды, если замер показал $\text{БПК} = 100 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$, а замер ХПК = $100 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$?

ВАРИАНТ №8

1. Экологическая структура биоценоза.
2. Сухопутная экосистема: тропические саванны и лугопастбищные земли.
3. Детритная пищевая цепь в наземной экосистеме.
4. Формы жизни живого вещества.
5. Круговорот фосфора.
6. Жилой комплекс сбрасывает в речку 60 млн. литров сточных вод в день, которые смешиваются с чистой водой в реке в соотношении 1/30. БПК сточных вод составляет $150 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Какое БПК будет иметь вода в зоне загрязнения? Смогут ли в этой воде обитать пиявки и нимфы равнокрылой стрекозы?

ВАРИАНТ №9

1. Пограничный эффект в биоценозе.
2. Сухопутная экосистема: тропические леса.
3. Принцип построения экологических пирамид. Привести примеры.
4. Понятие живого вещества планеты.
5. Круговорот серы.
6. Жилой комплекс сбрасывает в речку 70 млн. литров сточных вод в день, которые смешиваются с чистой водой в реке в соотношении 1/15. БПК сточных вод составляет $120 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Какое БПК будет иметь вода в зоне загрязнения? Смогут ли в этой воде обитать личинки комара – дергуна и трубочник?

ВАРИАНТ №10

1. Понятие об экосистемах. Привести примеры.
2. Соответствие между высотным и широтным распределением биомов.
3. Пирамида численности.
4. Энергетическая функция живого вещества.
5. Биотическая эволюция биосферы.
6. Жилой комплекс сбрасывает в речку 70 млн. литров сточных вод в день, которые смешиваются с чистой водой в реке в соотношении 1/15. БПК сточных вод составляет $120 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Какое БПК будет иметь вода в зоне загрязнения? Смогут ли в этой воде обитать личинка и куколка москита?

ВАРИАНТ №11

1. Микроэкосистемы, мезоэкосистемы и макроэкосистемы. Привести примеры.

2. Лимитирующие факторы сухопутных экосистем.

3. Пирамида биомасс.

4. Газовая функция живого вещества.

5. Добиотическая эволюция биосферы.

6. Жилой комплекс сбрасывает в речку 70 млн. литров сточных вод в день, которые смешиваются с чистой водой в реке в соотношении 1/15. БПК сточных вод составляет $120 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Какое БПК будет иметь вода в зоне загрязнения? Смогут ли происходить жизнедеятельность рыб летом? Зимой?

ВАРИАНТ №12

1. Состав и функциональная структура экосистемы.

2. Лимитирующие факторы пресноводных экосистем.

3. Пирамида энергии.

4. Концентрационная функция живого вещества.

5. Главные закономерности эволюции организмов.

6. Жилой комплекс сбрасывает в речку 70 млн. литров сточных вод в день, которые смешиваются с чистой водой в реке в соотношении 1/15. БПК сточных вод составляет $120 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Какое БПК будет иметь вода в зоне загрязнения? Смогут ли в этой воде обитать личинки коридалы и личинки веснянки?

ВАРИАНТ №13

1. Автотрофы и гетеротрофы. Привести примеры.

2. Структура пресноводных местообитаний.

3. Продуктивность экосистем.

4. Окислительно-восстановительная функция живого вещества.

5. Общие закономерности организации биосферы.

6. Жилой комплекс сбрасывает в речку 70 млн. литров сточных вод в день, которые смешиваются с чистой водой в реке в соотношении 1/15. БПК сточных вод составляет $120 \text{ мг} \times \text{л}^{-1}$. Какое БПК будет иметь вода в зоне загрязнения? Какие из перечисленных водных организмов смогут жить в этой воде: личинка и куколка москита, мокрицы, перловицы?

ВАРИАНТ №14

1. Консументы, детритофаги и редуценты. Привести примеры.
2. Пищевые цепи пресноводных водоёмов.
3. Суточная и сезонная динамика экосистем.
4. Деструкционная функция живого вещества.
5. На примерах объяснить законы экоддинамики.
6. В пробе сточной воды сразу же после взятия количество кислорода составляло $m_1 = 5,5$ мг, а в плотно закрытой бутылке с той же пробой, хранящейся в темноте 5 суток, количество кислорода составляло $m_2 = 5,0$ мг. Первоначальная проба загрязненной воды, впоследствии разбавленной, имела объем $V_1 = 10$ мл. Рассчитать БПК и определить, будут ли в этой воде жить личинки ручейника и личинки поденок?

ВАРИАНТ №15

1. Основной процесс в экосистеме.
2. Пресноводные экосистемы: озера.
3. Экологические сукцессии.
4. Информационная функция живого вещества.
5. Как отражается на развитии жизни на Земле нарушение равновесия O_2/CO_2 ?
6. В пробе сточной воды сразу же после взятия количество кислорода составляло $m_1 = 6,0$ мг, а в плотно закрытой бутылке с той же пробой, хранящейся в темноте 5 суток, количество кислорода составляло $m_2 = 5,5$ мг. Первоначальная проба загрязненной воды, впоследствии разбавленной, имела объем $V_1 = 10$ мл. Рассчитать БПК и определить, будут ли в этой воде жить пиявки и личинки мошки?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №4**ВАРИАНТ №1**

1. Что понимается под биосферой? Где проходят границы биосферы?
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №1.
3. Что понимается под антропогенным воздействием на биосферу?
4. Что такое деградация почв (земель) и каковы её причины?
5. Техногенные катастрофы и стихийные бедствия.

ВАРИАНТ №2

1. Сформулировать сущность учения В.И.Вернадского о биосфере. Какое значение учение о биосфере имеет для понимания и решения современных экологических проблем?
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №2.
3. Какие загрязняющие вещества представляют наибольшую опасность для человеческой популяции и природных биотических сообществ?
4. Охарактеризуйте экологический ущерб от водной и ветровой эрозии.
5. Глобальное потепление.

ВАРИАНТ №3

1. Что является основным условием устойчивости биосферы и других экологических систем?
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №3.
3. Дайте определение загрязнению окружающей среды. Укажите его виды, объекты и масштабы.
4. Объясните, почему разработка недр оказывает огромное негативное воздействие на окружающую среду?
5. Какие основные источники загрязнения водоемов и рек?

ВАРИАНТ №4

1. Назовите и раскройте основные свойства живого вещества. Сравните их с неживым веществом (косным).
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №4.
3. Почему охрана природного воздуха считается ключевой проблемой оздоровления окружающей природной среды?
4. Какие опасные ущербобразующие геологические процессы Вы знаете? Дать их краткую характеристику.
5. Какова роль гидросферы в жизни биосферы?

ВАРИАНТ №5

1. Перечислите и раскройте содержание основных функций живого вещества. Каково их значение в процессах планетарного масштаба?
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №5.
3. Назовите главные загрязнители (поллютанты) атмосферного воздуха.
4. Покажите, что общий экологический вред от пестицидов (ядохимикатов) превышает пользу от их применения.
5. Какие факторы влияют на образование и разрушение озона?

ВАРИАНТ №6

1. Приведите примеры саморегулирующей способности биосферы.
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №6.
3. Оцените роль различных отраслей хозяйства в загрязнении атмосферы.
4. Каковы причины резкого снижения биоразнообразия в природе в настоящее время?
5. Чем объясняется «парниковый эффект» и каковы его последствия?

ВАРИАНТ №7

1. Чем создаваемые человеком агроценозы отличаются от естественных экосистем по (видовому составу, устойчивости, стабильности, продуктивности)? Могут ли агроценозы существовать без постоянного вмешательства человека, вложения в них энергии?
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №7.
3. Приведите примеры пагубного влияния высокотоксичных загрязнителей (поллютантов) на живые организмы.
4. Охарактеризуйте функции леса в биосфере.
5. В чем сущность процесса антропогенного эвтрофирования водоемов?

ВАРИАНТ №8

1. Как изменяются основные параметры и свойства экосистем в сукцессионном ряду? Перечислите основные закономерности сукцессионного процесса.
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №8.
3. Каковы важнейшие экологические последствия глобального загрязнения атмосферы?

4. Почему уничтожение лесов является одной из наиболее серьезных экологических проблем?
5. Каковы основные причины деградации почв?

ВАРИАНТ №9

1. Назовите виды сукцессий. Приведите примеры первичных и вторичных автотрофных и гетеротрофных сукцессий.
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №9.
3. Почему истощение озонового слоя Земли относится к числу важнейших экологических проблем?
4. К каким экологическим последствиям приводит антропогенное воздействие на биотические сообщества?
5. Составьте перечень возможных экологических проблем, связанных с будущим человечества.

ВАРИАНТ №10

1. По каким закономерностям энергия рассеивается и передается в цепях питания? Почему «энергетическая цена» животной пищи существенно выше «энергетической цены» растительной пищи?
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №10.
3. Чем вызваны кислотные дожди?
4. Какова главнейшая экологическая функция животного мира?
5. Почему в настоящее время основной функцией человечества является сохранение и спасение биосферы?

ВАРИАНТ №11

1. Назовите механизмы, за счет которых регулируется численность особей в популяциях. Перечислите механизмы межвидового и внутривидового регулирования численности особей в популяциях.
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №11.
3. В чем проявляется загрязнение подземных и поверхностных вод и каковы их главные загрязнители?
4. Назовите основные источники антропогенного шума. При какой силе звука уровень шума считается для человека недопустимым?
5. Охарактеризуйте виды вмешательства человека в биосферу.

ВАРИАНТ №12

1. Приведите примеры организмов доминантов и эдификаторов. Чем они различаются по роли в экосистемах (биогеоценозах)?
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №12.
3. Назовите основные виды загрязнения подземных вод.
4. К каким экологическим последствиям приводят стихийные бедствия? Приведите примеры.
5. Каковы последствия технологического кризиса?

ВАРИАНТ №13

1. Перечислите среды жизни и наиболее типичные их свойства. Назовите присущие отдельным средам жизни лимитирующие факторы, адаптации организмов.
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №13.
3. Что такое антропогенное эвтрофирование и каково его влияние на природные экосистемы?
4. Экологическое воздействие транспортных систем.
5. В чем заключается экологическая функция литосферы?

ВАРИАНТ №14

1. Каковы причины резкого снижения биоразнообразия в природе в настоящее время?
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №14.
3. Каковы экологические последствия загрязнения морских экосистем?
4. Антропогенное воздействие на ближний космос.
5. Почему сохранение природных экосистем – главное условие сохранения жизни на Земле?

ВАРИАНТ №15

1. Назовите основные причины вымирания животных, сокращения их числа и утраты ими биологического разнообразия в настоящее время.
2. Выполните практические работы №1, №2, №3 и №4. Ваш вариант в указанных работах - №15.
3. Что понимают под истощением вод? К каким неблагоприятным экологическим последствиям оно приводит?
4. Истощение озонового слоя.
5. Экологические последствия воздействия человека на растительный мир.

9. ПРИЛОЖЕНИЯ К КУРСУ «ЭКОЛОГИЯ»

9.1. Приложение 1

СВОД ЗАКОНОВ ЭКОЛОГИИ

СЛОЖЕНИЕ СИСТЕМ

- Аксиома системной целостности.
- Закон подобия части и целого.
- Аксиома эмерджентности.
- Закон необходимого разнообразия.
- Закон (правило) полноты составляющих.
- Закон избыточности системных элементов при минимуме числа вариантов организации.
 - Принцип перехода избыточности в самоограничение.
 - Правило конструктивной эмерджентности.
 - Закон (правило) перехода в подсистему, или принцип кооперативности.
 - Закон (принцип) увеличения степени идеальности, или эффект чеширского кота.
 - Закон (аксиома) системного сепаратизма.
 - Закон оптимальности.
 - Правило системно-динамической комплементарности, или закон баланса консервативности и изменчивости.

ВНУТРЕННЕЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМ

- Закон вектора развития.
- Закон необратимости эволюции Л. Долло.
- Закон усложнения системной организации.
- Закон неограниченности прогресса.
- Биогенетический закон.
- Геогенетический закон.
- Закон последовательности прохождения фаз развития.
- Системогенетический закон.
- Закон анатомической (структурной) корреляции.
- Закон согласования строения и ритмики (функций) частей (подсистем).
 - Закон аллометрии.
 - Закон одновременности развития (изменения) подсистем в больших системах.

ТЕРМОДИНАМИКА СИСТЕМ

- Закон (принцип) «энергетической проводимости».
- Закон сохранения массы.
- Закон сохранения энергии (первый принцип термодинамики).
- Второй принцип термодинамики.
- Принцип Ле Шателье — Брауна.
- Закон минимума диссипации (рассеивания) энергии, или принцип экономии энергии.
 - Закон максимизации энергии и информации.
 - Принцип максимизации мощности.
 - Правило основного обмена.

ИЕРАРХИЯ СИСТЕМ

- Принцип иерархической организации, или интегративных уровней.
- Периодический закон химических элементов Д. И. Менделеева.
- Закон гомологических рядов и наследственной изменчивости Н.И. Вавилова.
 - Периодический закон географической зональности А. А. Григорьева — М. И. Будыко.
 - Закон периодичности строения системных совокупностей.

ОТНОШЕНИЯ «СИСТЕМА — СРЕДА»

- Принцип (общий) дополнительности Н. Бора.
- Принцип торможения развития.
- Закон развития системы за счет окружающей её среды.
- Принцип преломления действующего фактора в иерархии систем (и внутри системы).
 - Закон функционально-системной неравномерности.
 - Принцип скользящих среднемаксимальных случайного статистического ряда.
 - Правило затухания процессов.
 - Закон растворения системы в чуждой среде Г. Ф. Хильми.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЖИВОГО

- Закон хиральной чистоты Л. Пастера.
- Закон физико-химического единства живого вещества В.И. Вернадского.

- Термодинамическое правило Вант-Гоффа—Аррениуса.
- Биогеохимические принципы В. И. Вернадского.
- Закон сохранения термодинамического состояния.
- Теорема (афоризм) Э. Шрёдингера.
- Теорема (афоризм) Хаасе.
- Теорема Г. Атлана.
- Теорема Бриллюэна.

ЭКОЛОГО-ОРГАНИЗМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЕ БИОСИСТЕМ

- Закон усложнения системной организаций организмов (биосистем).
- Закон неограниченности (биологического прогресса).
- Правило (закон) ускорения эволюции.
- Правило эквивалентности в развитии биосистем.
- Правило максимального «давления жизни».
- Принцип преадаптации.
- Закон генетического разнообразия.
- Закон эволюции А. Н. Северцова.
- Правило прерывистого равновесия.
- Правило чередования главных направлений эволюции.
- Принцип внезапного усиления патогенности.
- Закон эколого-системной направленности эволюции.
- Правило происхождения новых видов от неспециализированных предков Э. Копа.
 - Принцип дивергенции Ч. Дарвина, или правило адаптивной радиации Г. Ф. Осборна.
 - Правило прогрессирующей специализации Ш. Депере.
 - Правило более высоких шансов вымирания глубоко специализированных форм О. Марша.
 - Закон увеличения размеров организмов в филогенетической ветви Э. Копа и Ш. Депере.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДАПТАЦИИ БИОСИСТЕМ

- Правило экологической индивидуальности Л. Г. Раменского.
- Аксиома адаптированности, или экологическая аксиома Ч. Дарвина.
- Экологическое правило С. С. Шварца.
- Закон относительной независимости адаптации.
- Правило поверхностей.

ОБЩИЕ ЗАКОНЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ОРГАНИЗМ — СРЕДА»

- Закон единства «организм — среда».
- Принцип экологического соответствия.
- Правило соответствия условий среды генетической предопределенности организма.
 - Закон максимума биогенной энергии (энтропии) В. И. Вернадского—Э. С. Бауэра.
 - Закон давления среды жизни, или закон ограниченного роста Ч. Дарвина.
 - Закон совокупного действия факторов Э. Митчерлиха — Б. Бауле, или закон физиологических взаимодействий.
 - Закон ограничивающих (лимитирующих) факторов Ф. Блэкмана.
 - Закон толерантности В. Шелфорда.
 - Правило меньшей эволюционно-экологической толерантности женского организма, или правило Геодекияна.
 - Закон равнозначности всех условий жизни.

ЧАСТНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В СИСТЕМЕ «ОРГАНИЗМ — СРЕДА»

- Закон(ы) минимума Ю. Либиха.
- Правило взаимодействия факторов.
- Закон относительности действия лимитирующих факторов, или закон Лундегарда—Полетаева.
 - Закон неоднозначного (селективного) действия фактора на различные функции организма.
 - Закон (эффект) компенсации (взаимозаменяемости) факторов Э. Рюбеля.
 - Эффект Лундегарда — Стиберга — Якобсона.
 - Правило замещения экологических условий В. В. Алехина.
 - Закон незаменимости фундаментальных факторов В. Р. Вильямса.
 - Закон (правило) фазовых реакций («польза — вред»).
 - Закон «все или ничего» Г. П. Боулича.
 - Закон субъективной количественной оценки раздражителя Э. Вебера — Г. Фехнера.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СООБЩЕСТВ

- Правило А. Уоллеса.
- Принцип эколого-географического максимума (стабильности числа) видов.

- Принцип взаимоисключаемости биотических комплексов И. И. Дедю.
- Правило смены вертикальных поясов.
- Правило предварения, или правило постоянства местообитания Й. Вальтера. — В. В. Алехина.
- Закон минимума видов, или эффект А. Ремане.
- Принцип территориальной общности физико-географических единиц.
- Закон обеднения разнородного живого вещества (биоты) в островных его сгущениях Г. Ф. Хилыми.
- Правило К. Дарлингтона.
- Правило Манро.
- Теория биполярности.

ЭНЕРГЕТИКА, ПОТОКИ ВЕЩЕСТВ. ПРОДУКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ СООБЩЕСТВ И БИОЦЕНОЗОВ

- Закон пирамиды энергий, или закон (правило) 10% Р. Линдемана.
- Правило биологического усиления.
- Правило «метаболизм и размеры особей», или правило Ю. Одума.
- Закон удельной продуктивности.
- Правило (принцип) экологического дублирования.
- Принцип (правило) эквивалентности В. Тишлера.
- Принцип подвижного равновесия А. А. Еленкина.
- Принцип продукционной оптимизации Г. Реммерта.
- Принцип стабильности.
- Правило биоценотической надежности.

СТРУКТУРА И ВИДОВОЙ СОСТАВ БИОЦЕНОЗОВ И СООБЩЕСТВ

- Принцип континуума Л. Г. Раменского — Г. А. Глизна.
- Принцип биоценотической прерывности.
- Закон действия факторов А. Тинемана.
- Принцип (правило) разнообразия условий биотопа А. Тинемана.
- Принцип отклонения условий существования от нормы А. Тинемана.
- Фитоценологические принципы П. Жаккара.
- Правило приспособления (специализации) к экстремальным условиям Р. Крогеруса.
- Принцип плотной упаковки Р. Макартура.
- Правило обязательности заполнения экологических ниш.
- Правило экотона, или краевого эффекта.

БИОЦЕНОТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЕ

- Пять биоценологических постулатов (биоценологический порядок) В. Тишлера.
- Правило взаимоприспособленности организмов в биоценозе К. Мёбиуса — Г. Ф. Морозова.
 - Биоценологическое правило В. С. Ивлева.
 - Правило относительной внутренней непротиворечивости.
 - Принцип экологического высвобождения.
 - Принцип экологической компрессии.
 - Законы системы «хищник — жертва».
 - Закон периодического цикла.
 - Закон сохранения средних величин.
 - Закон нарушения средних величин.
 - Правило монокультуры Ю. Одума.
 - Принцип коэволюции, или сопряженной эволюции, П. Элиха — П. Равена.
- Правило управляющего значения консументов Д. Джензена.

АРЕАЛ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВИДОВ В ЕГО ПРЕДЕЛАХ

- Принцип экологической индивидуальности видов Л. Г. Раменского — Г. А. Глизна.
- Правило колебания границ ареала.
- Принцип воздействия факторов В. Тишлера.
- Правило соответствия вида и ценоза.
- Правило географической изменчивости кружева ареала.
- Правило ограничивающих факторов.
- Правило стимулирующего действия температур В. Шелфорда — Т. Парка.
 - Правило лимитирующего значения крайних летних и зимних температур А. Н. Голикова — О. А. Скарлато.
 - Правило викариата Д. Джордана.
 - Правило представительства рода одним видом А. Монара.
 - Принцип конкурентного исключения Г. Ф. Гаузе.
 - Принцип видородового представительства Й. Иллиеса.
 - Принцип сосуществования, или парадокс Дж. Хатчинсона.
 - Правило географического оптимума.

ИЗМЕНЕНИЕ ОСОБЕЙ (ПОПУЛЯЦИЙ) В ПРЕДЕЛАХ ВИДОВОГО АРЕАЛА

- Правило К. Бергмана.
- Правило Р. Гессе.
- Закон покровов (покрытия) тела.
- Правило густоты мехового покрова.
- Правило Д. Аллена.
- Правило числа позвонков (у рыб), или правило А. Жорлана.
- Правило К. Глокера.
- Принцип основателя.
- Правило островного измельчания.

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ЗАКОНЫ

- Правило объединения в популяции С. С. Четверикова.
- Принцип минимального размера популяций.
- Закон (правило) популяционного максимума Ю. Одума.
- Теория лимитов популяционной численности, или теория Х. Андерварты — Л. Бирча.
 - Теория (принцип) биогеоэкологической (экосистемной) регуляции численности популяции К. Фридерихса.
 - Правило пищевой корреляции В. Уини-Эдвардса.
 - Теория (принцип) Д. Лэка.
 - Правило стрессогенного увеличения надпочечников Я. Кристиана.
 - Теория общего адаптационного синдрома Г. Селье.
 - Теория Дж. Кристиана — Д. Дейвиса.
 - Правило сохранения видовой среды обитания.
 - Правило колебаний (цикличности) численности.
 - Правило максимума размеров колебаний плотности популяционного населения, или закон количественной константности популяционного населения.
 - Правило максимальной рождаемости (воспроизводства).
 - Правило стабильности половозрастной структуры популяции.
 - Принцип территориальности.
 - Принцип скопления (агрегации) особей В. Олли.
 - Правило топографического, или популяционного, кружева ареала.
 - Принцип стабилизации экологической ниши, или принцип биоэкологической коэволюции.
 - Принцип, или теорема, В. Людвига.
 - Теория (принцип) А. Николсона.

СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ

- Принцип экологической комплементарности (дополнительности).
- Принцип экологической конгруэнтности (соответствия).
- Принцип (закон) формирования экосистемы, или связи «биотоп — биоценоз».
 - Закон однонаправленности потока энергии.
 - Закон внутреннего динамического равновесия.
 - Закон экологической корреляции.
 - Правило оптимальной компонентной дополнительности.
 - Принцип экологической (рабочей) надежности.
 - Принципы видového обеднения.

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ

- Принцип сукцессионного замещения.
- Теория мозаичного климакса.
- Закон последовательности прохождения фаз развития.
- Закон сукцессионного замедления.
- Правило максимума энергии поддержания зрелой экосистемы, или правило Ю. Одума и Р. Пинкертона.
 - Принцип «нулевого максимума», или минимизации прироста в зрелой экосистеме.
 - Принцип «сукцессионного очищения», или стабилизации и минимизации видového состава климакса.
 - Правило увеличения замкнутости биогеохимического круговорота веществ в ходе сукцессии.
 - Правило сукцессионного мониторинга, или степени завершенности сукцессии.
 - Закон эволюционно-экологической необратимости.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОСФЕРЫ И БИОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

- Аксиома иерархичной организации.
- Закон преломления космических воздействий.
- Закон биогенной миграции атомов В. М. Вернадского.
- Правило незамкнутости биотических (биогеохимических) круговоротов.
 - Закон константности количества живого вещества В. И. Вернадского.
 - Закон физико-химического единства живого вещества.

- Закон сохранения структуры биосферы, или первый закон экодинамики Ю. Голдсмита.
- Закон стремления к климаксу, или второй закон экодинамики Ю. Голдсмита.
- Правило (принцип) гетерогенезиса живого вещества.
- Закон (принцип) экологического порядка, или экологического мутуализма (третий закон экодинамики Ю. Голдсмита).
- Закон упорядоченности заполнения пространства и пространственно-временной определенности.
- Принцип системной дополнительности.
- Закон самоконтроля и саморегуляции живого, или четвертый закон экодинамики Ю. Голдсмита.
- Правило автоматического поддержания глобальной среды обитания.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ

- Принцип Реди.
- Экоисторический (геоисторический) принцип.
- Закон глобального замыкания биогеохимического круговорота.
- Закон увеличения доли биологического компонента в замыкании биогеохимического круговорота веществ.
- Закон саморазвития биосистем Э. Бауэра.
- Теорема порога возрастания энтропии в биосфере К. С. Тринчера.
- Принцип (правило) катастрофического толчка.
- Принцип прерывности и непрерывности развития биосферы.
- Правило одного процента.
- Правило десяти процентов.
- Правило константности числа видов в ходе стационарной эволюции биосферы.
- Правило усиления интеграции биологических систем И. И. Шмальгаузена.
- Правило множественности экосистем.

ЗАКОНЫ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК — ПРИРОДА»

- Правило исторического роста продукции за счет сукцессионного омоложения экосистем.
- Закон бумеранга, или закон обратной связи взаимодействия «человек — биосфера» П. Дансеро (четвертый закон Б. Коммонера).
- Закон незаменимости биосферы.
- Закон обратимости биосферы П. Дансеро.

- Закон необратимости взаимодействия «человек — биосфера» П. Дансеро.
- Правило меры преобразования природных систем.
- Принцип естественности, или правило старого автомобиля.
- Закон убывающей отдачи А. Тюрго — Т. Мальтуса.
- Правило демографического (технико-социально-экономического) насыщения.
- Правило ускорения исторического развития.

ЗАКОНЫ СОЦИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ

- Правило социально-экологического равновесия.
- Принцип культурного управления развитием.
- Правило социально-экологического замещения.
- Закон исторической (социально-экологической) необратимости.
- Закон ноосферы В. И. Вернадского.

ЗАКОНЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

- Закон ограниченности (исчерпаемости) природных ресурсов.
- Закон соответствия между развитием производительных сил и природно-ресурсным потенциалом общественного прогресса.
- Правило основного обмена.
- Закон увеличения наукоемкости общественного развития.
- Правило интегрального ресурса.
- Закон падения природно-ресурсного потенциала.
- Закон снижения энергетической эффективности природопользования.
- Закон убывающей отдачи.
- Правило меры преобразования природных систем.
- Правило (неизбежных) цепных реакций «жесткого» управления природой.
- Правило «мягкого» управления природой.
- Закон совокупного (совместного) действия природных факторов.
- Закон максимальной (равновесной) урожайности.
- Закон максимума.
- Правило (закон) территориального экологического равновесия.
- Правило (закон) компонентного экологического равновесия.
- Закон предельной урожайности К. Пратта.
- Закон убывающего (естественного) плодородия.
- Закон снижения природоемкости готовой продукции.
- Закон увеличения темпов оборота вовлекаемых природных ресурсов.

**ПРИНЦИПЫ ОХРАНЫ СРЕДЫ ЖИЗНИ.
СОЦИАЛЬНАЯ ПСИХОЛОГИЯ И ПОВЕДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА**

- Закон шагреневой кожи.
- Закон неустранимости отходов и/или побочных воздействий производства (хозяйства).
 - Закон постоянства количества отходов в технологических цепях.
 - Правило «экологическое — экономично».
 - Закон компонентно-экологического равновесия.
 - Закон территориального экологического равновесия.
 - Закон внутреннего динамического равновесия.
 - «Железные законы» охраны природы П. Эрлиха.
 - Принцип уникальности.
 - Принцип разумной достаточности и допустимого риска.
 - Принцип (правило) неполноты информации (неопределенности).
 - Принцип инстинктивного отрицания — признания.
 - Принцип обманчивого благополучия, или эйфории первых успехов.
- Принцип удаленности события.
- Правило экономико-экологического восприятия Дж. Стайкаса.
- «Законы» (афоризмы) Б. Коммонера.

9.2. Приложение 2

АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ



Рис.9.1. Схема противоэрозионной роли лесных насаждений

Агролесомелиорация — система лесохозяйственных мероприятий, направленных на улучшение почвенно-гидрологических и климатических условий местности, делающих её более благоприятной для ведения сельского хозяйства. Основные направления — степное лесоразведение, создание полезачитных лесных полос, облесение оврагов, крутых склонов, закрепление песков, улучшение пастбищ, облесение сильно деградированных земель и др. Значение леса в защите полей от засух, суховеев и эрозии не раз подчеркивалось выдающимися отечественными почвоведом В. В. Докучаевым, Г. Н. Высоцким, Д. Н. Прянишниковым и др., а также доказано широкой практикой.

Роль лесных насаждений в борьбе с эрозией многообразна (рис. 9.1). На сельхозугодьях, защищенных лесными полосами, создаются лучшие микроклиматические условия для произрастания культур, снижается скорость ветра, уменьшается число суховеев, пыльных бурь. Правильно созданная система полезачитных полос регулирует и задерживает поверхностный сток, защищает почву от смыва талыми водами и от выдувания вет-

ром. Особенно эффективны лесные полосы при защите сельскохозяйственных земель от ветровой эрозии во время сильных пыльных бурь. В основных земледельческих районах нашей страны рациональная система лесополос, занимающих около 4% территории (или 4 га на 100 га сельхозугодий), в среднем дает прибавку урожая от 9 до 32% (в зависимости от культуры). Кроме того, лесные насаждения на фоне сельхозугодий выполняют важную роль в сохранении, восстановлении и повышении биологической продуктивности ландшафта.

В 1994г. в России противоэрозионные лесонасаждения на землях сельскохозяйственного назначения — на оврагах, балках, песках и других неудобных землях были заложены в объеме 27,5 тыс. га; полезационные полосы — в объеме 7,2 тыс. га, пастбище защитные насаждения — 28,4 тыс. га.

АГРОЭКОСИСТЕМЫ

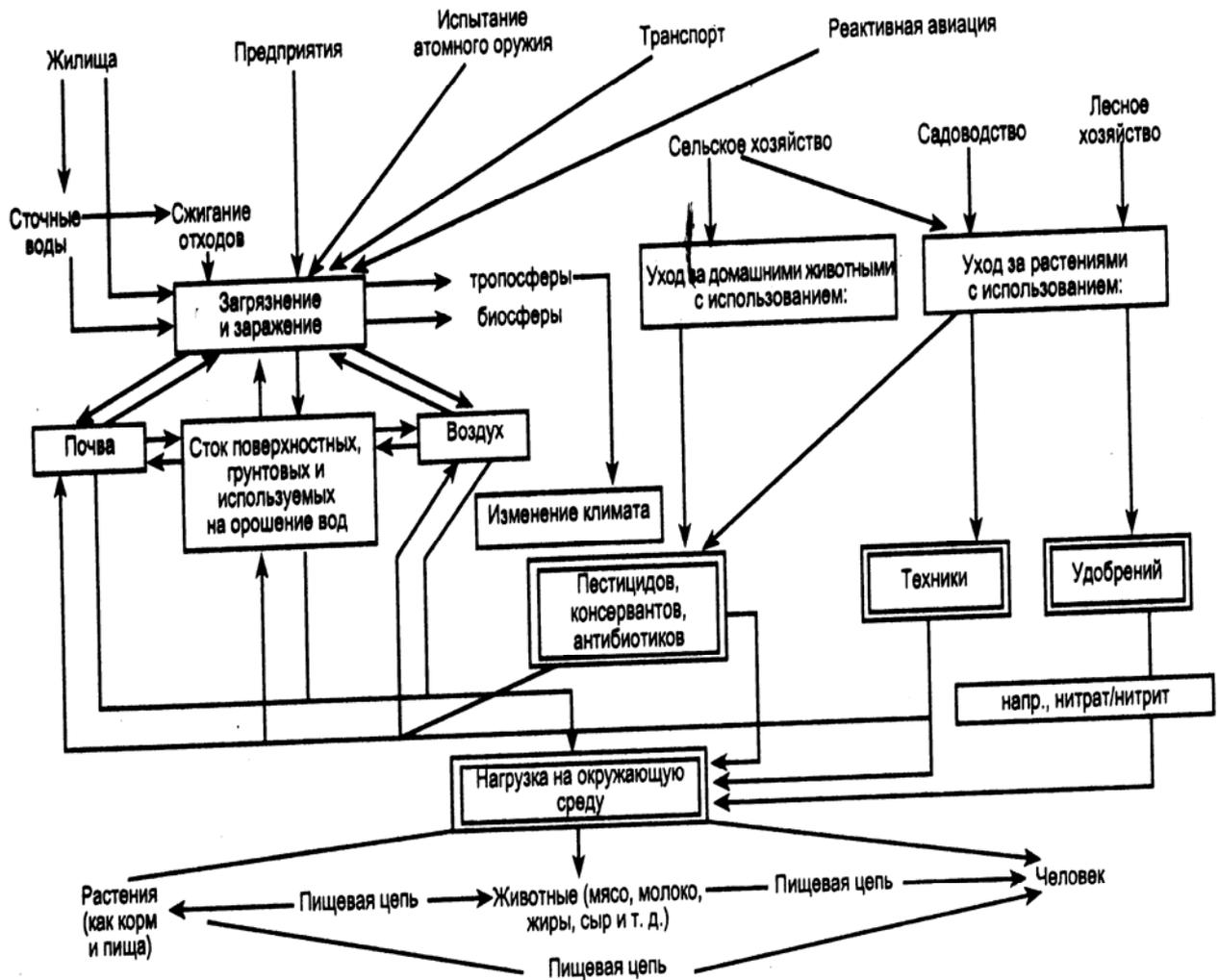


Рис.9.2. Структура функциональных связей в агроэкосистемах

Агроэкосистема, агробиоценоз – неустойчивая, искусственно созданная и регулярно поддерживаемая человеком экосистема с целью производства сельскохозяйственной продукции (поля, пастбища, огороды, сады, виноградники и др.). По сравнению с естественными биоценозами агроэкосистемы имеют отличия: в них резко снижено разнообразие живых организмов; виды, культивируемые человеком, поддерживаются искусственным отбором и обладают слабо выраженными механизмами саморегуляции и т. д. Они, как правило, характеризуются высокой биологической продуктивностью по сравнению с природными экосистемами. Так, чистая первичная продукция степей умеренной зоны составляет 150—1500 г/м², а для возделываемых земель — до 4000, в частности, для сахарного тростника на Гавайских островах — до 7000 г/м² в год.

На рис.9.2 показана схема функциональных связей в сельскохозяйственных экосистемах, в которых различные изменения происходят значительно быстрее, чем в природных биоценозах. Эти искусственные экосистемы исключительно нестабильны и крайне чувствительны к антропогенным воздействиям. В них для достижения более высокой урожайности культур человеку необходимо увеличивать степень механизации, повышать дозы внесения минеральных удобрений, пестицидов, применять орошение и др. При таком интенсивном пути развития сельскохозяйственное производство стало весьма отрицательно влиять на окружающую среду.

В настоящее время агроэкосистемы занимают около 30% земельных ресурсов мира, в том числе пашней занято 10%, а сенокосами и пастбищами — 20%. Основными культурными растениями являются (по степени их важности): рис, пшеница, кукуруза, картофель, ячмень, маниок, соя, овес, сорго, просо, сахарный тростник, рожь и др. Человек даже виды культивируемых растений выбирает по их способности давать наибольшее количество только полезной биомассы (клубней, корней, колосьев), чем снижает возврат в почву элементов питания, образующихся при перегнивании растительных остатков. Все это понижает устойчивость агроценозов, особенно биогеохимическую, связанную с интенсивным выносом элементов питания за пределы сельхозугодий. По данным проф. М. А. Глазовской, в степной зоне с распаханых угодий, по сравнению с целиной, вынос азота увеличивается в 25 раз, калия — в 74 раза, кальция — в 8 раз, серы — в 5 раз и т. д.

Для уменьшения негативных последствий хозяйственной деятельности человека на агроэкосистемы необходимо применение природоохранных мероприятий агротехники, целью которых является приближение агробиоценозов к природным экосистемам. Это позволит создать устойчивые агроэкосистемы, в которых поддерживается баланс питательных веществ в почве, продуктивность пастбищ, относительно высокое биоразнообразие и пр., т. е. превратить агроэкосистемы в гармонические составные части общего природного ландшафта Земли. Американский

эколог В. Джексон, один из авторов книги «Сельскохозяйственные экосистемы» (1987, с. 221), пишет: «Веку эксплуатации экосистем должен прийти конец. Если для нас вообще существует сносное будущее, то сменит его век спасения экосистем... И, наконец, если разлад с природой с глубокой древности начался с сельского хозяйства, то пусть с него же начнется приближение к гармонии».

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОСФЕРЫ

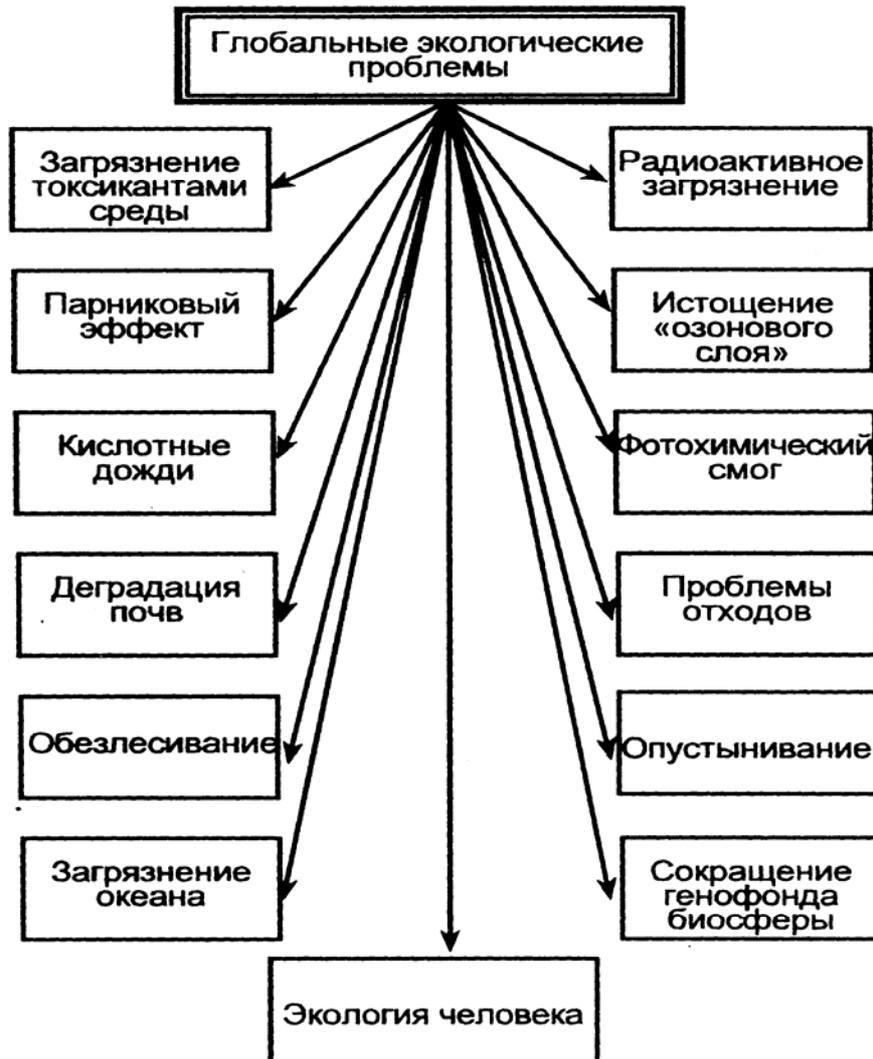


Рис.9.3. Глобальные экологические проблемы биосферы

ГОРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО



Рис. 9.4. Основные типы воздействий горного производства на окружающую среду

Горное производство — связано с добычей из земных недр различных полезных ископаемых (уголь, нефть, газ, соли, полиметаллы, минералы и др.). Наибольшие воздействия на земную поверхность происходят при открытом способе разработки месторождений, на долю которого в нашей стране приходится более 75% объема горного производства. В настоящее время в России общая площадь земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых (уголь, железные руды, нерудное сырье, торф и пр.), а также занятых отходами горного производства, превысила 2 млн. га, из которых 65% приходится на европейскую часть страны. Только в Кузбассе угольными карьерами занято более 30 тыс. га земель, а в районе Курской магнитной аномалии (КМА) — более 25 тыс. га плодородных угодий. Аналогичные примеры имеются и по западноевропейским странам (Германия,

Великобритания, Франция, Румыния и др.), в частности, в Великобритании открытая разработка полезных ископаемых привела к деградации сельскохозяйственных земель на площади более 70 тыс. га.

На рис.9.4 показаны основные типы воздействия горного производства на окружающую среду. Так, прямые воздействия проявляются в сокращении полезной площади земель, в уничтожении почвенного покрова и растительности, в создании техногенных форм рельефа, в деформации грунтов. Стали нередки техногенные землетрясения, в частности, в 1983 г. в результате производства горных работ на руднике ПО «Апатит» (Хольский полуостров) произошли крупные деформации горного массива, приведшие к разрушению подземных и поверхностных зданий и сооружений.

ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ

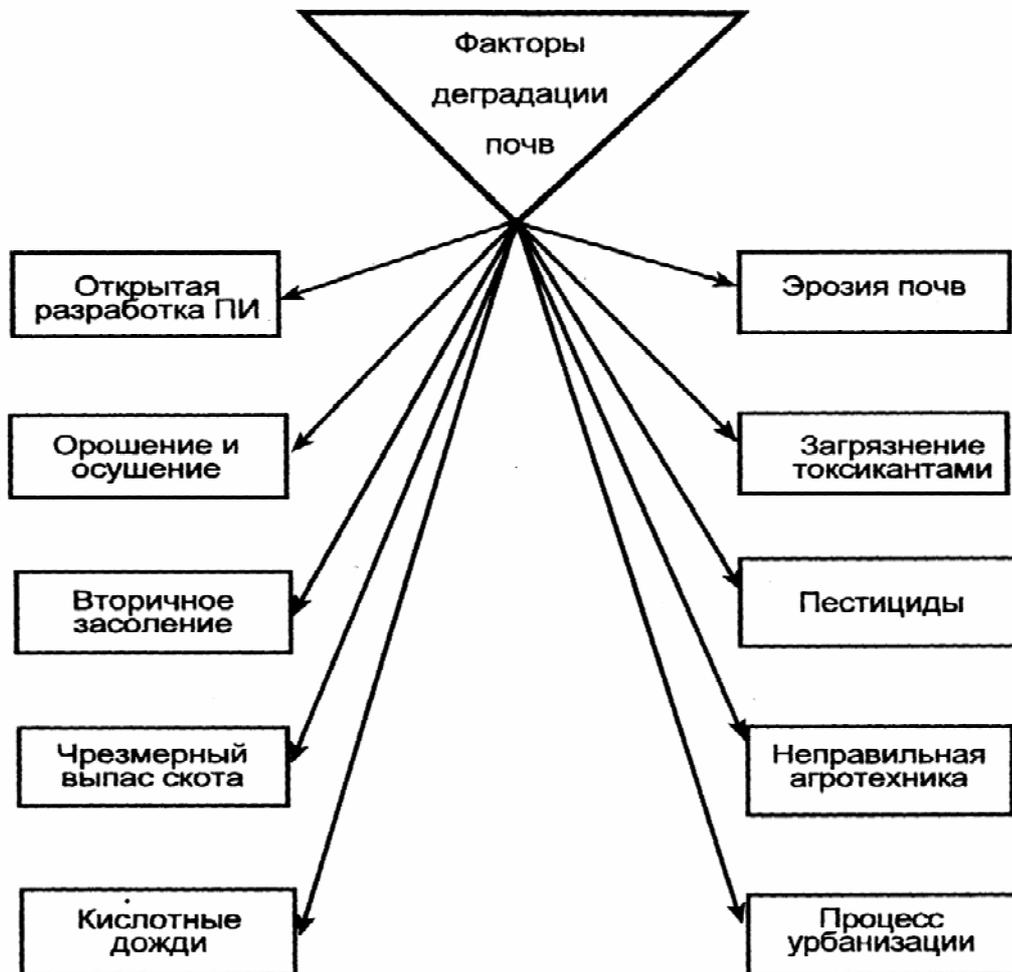


Рис.9.5. Факторы деградации почв

Косвенные воздействия проявляются в изменении режима грунтовых вод, в загрязнении воздушного бассейна, поверхностных водотоков, в заболачивании и т. д. Среди загрязнителей воздушной среды выделяются, прежде

всего, запыленность и загазованность. Подсчитано, что из подземных горных выработок шахт и рудников ежегодно в атмосферу поступает около 200 тыс. т пыли; добыча угля (в количестве 2 млрд. т в год) из 4000 шахт в различных странах мира сопровождается выбросом в атмосферу 27 млрд. м³ метана и 17 млрд. м³ углекислого газа. Горное производство негативно влияет на поверхностные водотоки и режим подземных вод, в частности, ежегодно из угольных шахт на поверхность откачивается более 2,5 млрд. м³ загрязненных шахтных вод. Все это, в конечном счете, приводит к повышению заболеваемости (гипертония, ишемия сердца, болезни дыхательных путей, злокачественные опухоли и др.) работников горнорудной промышленности.

Деградация ландшафта — результат необратимых изменений, полностью разрушающих структуру ландшафта; выражается в потере ландшафтом способности выполнять ресурсо- и средовосстанавливающие функции. Нарушение экологического равновесия может вызываться как естественными, так и антропогенными причинами. Однако в современных условиях деградация ландшафта чаще происходит в результате неконтролируемой деятельности человека. Например, деградация и уничтожение влажно-тропических лесов влекут за собой многие неблагоприятные последствия: снижение биологической продуктивности биосферы в целом, уменьшение генофонда растений и животных, нарушение глобальных биогеохимических циклов, изменение величины альбедо земной поверхности и т. д. Антропогенные воздействия привели к частичной деградации многих наземных экосистем, особенно в умеренных широтах Северного полушария. Поэтому при планировании различных хозяйственных объектов необходимо учитывать структуру и устойчивость природных ландшафтов к антропогенным нагрузкам, чтобы не допустить деградации естественных экосистем.

Деградация почв — постепенное ухудшение свойств почв (уменьшение содержания гумуса, разрушение структуры, снижение плодородия), вызванное изменением условий почвообразования, главным образом, под влиянием хозяйственной деятельности человека. На рис.9.5 показаны основные факторы деградации почв (эрозия, орошение и осушение, загрязнение токсикантами, применение пестицидов и др.). Одной из острых проблем многих регионов земного шара является эрозия почв, причем в настоящее время глобальные невосполнимые потери верхнего слоя почвы на пахотных землях в мире достигают 23 млрд. т (особенно в Индии и Китае). Эрозия является одной из причин уменьшения содержания гумуса в почвах земного шара. По данным Г. С. Макуниной (1991), общие потери гумуса в различных типах почв мира составили (в среднем, в %): для дерново-подзолистых — 27%, для бурых и серых лесных — 30%, для черноземов — 35%, для каштановых — 29%, для сероземов — 14%, для красножелтых ферраллитных почв — 50% от исходных данных. Значительно ус-

коряют процессы деградации почв также осушение и орошение, чрезмерное применение пестицидов, загрязнение почв тяжелыми металлами и пр.

Сельскохозяйственные угодья по степени деградации подразделяют на три категории:

- слабой деградации — те земли, потенциальная производительность которых снижена менее чем на 10%;
- умеренной деградации — соответственно на 10—50%;
- сильной деградации — соответственно более 50%.

Сильно деградированные земли имеются во всех регионах мира, но таких земель гораздо больше в Африке, Азии и Южной Америке. По различным оценкам сельское хозяйство стран мира из-за деградации земель ежегодно недополучает около 14 млн. т зерна. Аналогичные процессы отмечаются и в нашей стране, в частности, за последние 15 лет площадь эродированных почв на сельскохозяйственных угодьях увеличилась на 55 млн. га. Недобор урожая сельхозкультур на эродированной пашне в среднем за год составляет 36%. Из общей площади сельхозугодий России 222 млн. га (в том числе пашня — 132 млн. га) повышенную кислотность имеют около 43 млн. га, площадь засоленных почв в степных районах достигла 36 млн. га. Около 200 тыс. га только орошаемых земель не используется в сельскохозяйственном производстве (вторичное засоление, подтопление, иссушение). Разрушение почвенного покрова природными процессами или ошибочными действиями человека может необратимо лишить биосферу стабильности, нанести ущерб планете, жизни и человеку.

Загрязнение — привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных физико-химических и биологических веществ, оказывающих вредные воздействия на природные экосистемы и человека. Выделяют: естественное загрязнение (вулканы, лесные пожары и пр.) и антропогенное, являющееся результатом хозяйственной деятельности человека, иногда по масштабам воздействия превосходящее природное. Различные типы загрязнения окружающей среды подразделяются на три основных: физическое, химическое и биологическое.

Загрязнитель — любой физический агент, химическое вещество или биологический вид (главным образом микроорганизмы), поступающий в окружающую среду или возникающий в ней в количестве, выходящем 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 химических реакций). Еще выделяют загрязнители стойкие (не разлагающиеся), которые аккумулируются в трофических (пищевых) цепях. Многие из загрязнителей (пестициды, полихлордифенилы, пластмассы) крайне медленно разлагаются в естественных условиях, а токсичные соединения (ртути, свинца) вообще не обезвреживаются.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

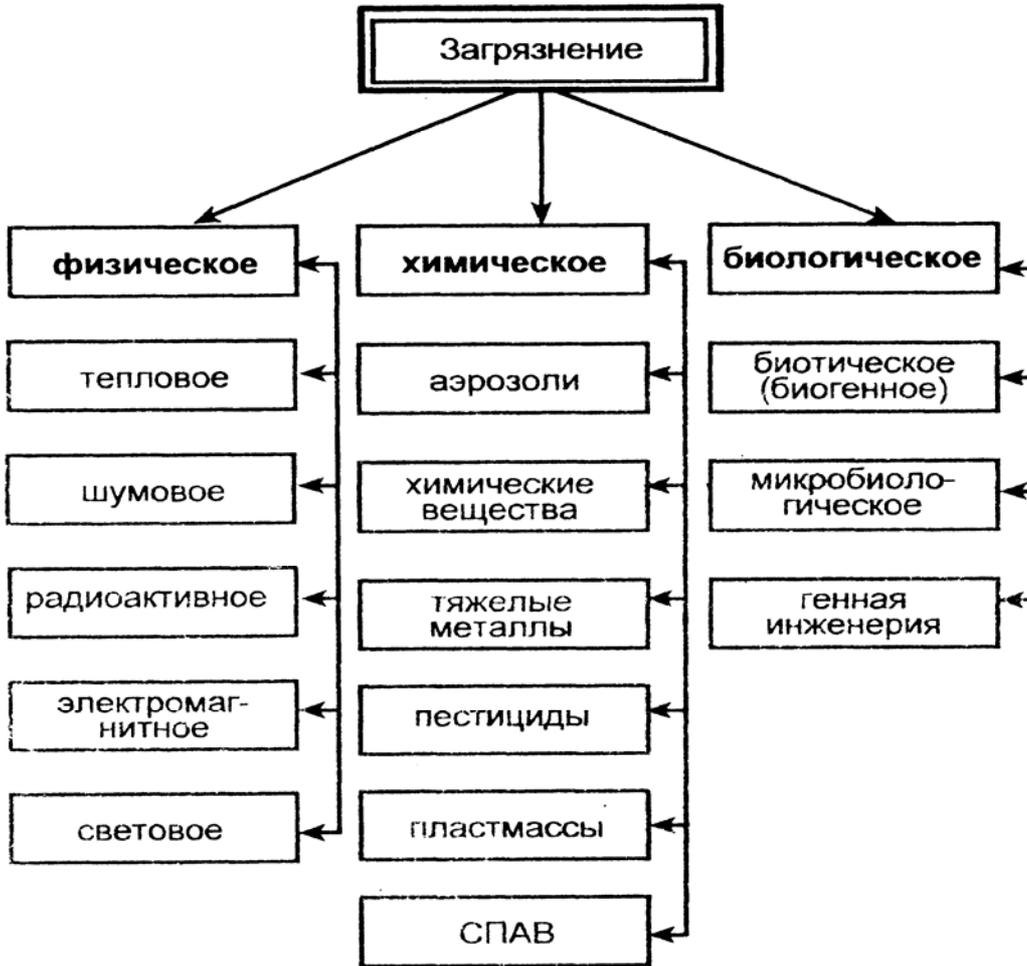


Рис.9.6. Основные типы загрязнения окружающей среды

Если в 40-х гг. нынешнего столетия еще доминировали натуральные продукты (хлопок, шелк, шерсть, мыло, каучук, пища, свободная от добавок), то в настоящее время в промышленно развитых странах они заменены синтетическими, которые трудно разлагаются и загрязняют окружающую среду. Это, прежде всего, синтетическое волокно, моющие средства (детергенты, отбеливатели), пища с добавками, минеральные удобрения, синтетический каучук и пр.

Среди загрязнителей водной среды выделяют: легко поддающиеся разложению органические вещества (бытовые стоки); трудно или совсем не поддающиеся разложению (в основном промышленные стоки); соли (хлориды, сульфаты, нитраты и пр.) и соединения тяжелых металлов (ртути, кадмия, свинца и др.). Особенно много различных загрязнителей в водную среду дают различные отрасли промышленности: целлюлозно-бумажная (лигнин, жиры, фенолы, сульфаты), химическая и нефтехимическая (фенолы, нефтепродукты, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, поли-

циклические ароматические углеводороды) и т. д. Значительное количество загрязнителей поставляет в среду сельское хозяйство (в мире только пестицидов насчитывается более 1500 препаратов).

Загрязнение физическое — связано с изменением физических, температурно-энергетических, волновых и радиационных параметров внешней среды. Оно включает тепловое, шумовое, электромагнитное, радиоактивное, световое загрязнения. Так, тепловое воздействие проявляется в ухудшение режима земной поверхности и условий жизни людей. Источниками теплового загрязнения в пределах городских территорий служат подземные газопроводы промышленных предприятий (140—160 °С), тепло трассы (50 — 150 °С), сборные коллекторы, коммуникации и пр. В последнее время стали обращать внимание на электромагнитное загрязнение, связанное с высоковольтными линиями электропередач, электроподстанциями, радио- и телепередающими станциями, а также с использованием микроволновых печей, компьютеров, радиотелефонов. Только в США и Великобритании имеется более 10 млн. персональных компьютеров. Исследования американских и скандинавских ученых показали, что при пользовании видеотерминалами, создающими сильные магнитные поля (в диапазоне низких частот), у женщин возросла частота выкидышей в 3,5 раза, отмечено ухудшение остроты зрения и развитие катаракты у операторов персональных компьютеров. Также установлено, что электромагнитные поля, создаваемые линиями высоковольтных передач, электротранспортом, способствуют возникновению онкологических заболеваний. Поэтому в 1993 г. крупнейшие компании США по производству компьютеров создали фонд по изучению их влияния на здоровье человека. Так, новейшие компьютеры оснащаются защитными фильтрами, которые полностью гасят электромагнитные излучения.

Загрязнение химическое — увеличение количества химических компонентов определенной среды, а также проникновение (введение) в нее химических веществ, не свойственных ей или в концентрациях, превышающих норму. Особенно опасными компонентами для природных экосистем и человека являются техногенные аэрозоли, химические вещества, тяжелые металлы, пестициды, пластмассы и пр. В настоящее время в природной среде находится около 7—8 млн. химических веществ, причем их арсенал ежегодно пополняется еще 250 тыс. новых соединений. Многие химические вещества обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, среди которых особенно опасны 200 наименований (список составлен экспертами ЮНЕСКО). В него включены: бензол, асбест, пестициды (ДДТ, элдрин, линдан и др.), бенз(а)пирен, тяжелые металлы (особенно ртуть, кадмий, свинец), разнообразные красители и пищевые добавки. По оценкам ВОЗ, в мире около 600 млн. человек подвержены воздействию атмосферы с повышенной концентрацией диоксида серы и более 1 млрд. человек — с вредной для здоровья концентрацией взвешенных частиц.

Загрязнение биологическое — случайное или связанное с деятельностью человека проникновение в эксплуатируемые экосистемы и технологические устройства чуждых им растений, животных и микроорганизмов (бактериологическое), часто оказывает негативное влияние при массовом размножении пришлых видов. К биологическому загрязнению можно также отнести преднамеренную или случайную интродукцию живых организмов. Причем в ряде случаев новые виды оказываются более конкурентоспособными и начинают вытеснять местные (американская норка — европейскую, ондатра — выхухоль и др.). На территории нашей страны произрастает более 100 видов сорных растений, занесенных из других стран, в частности, амброзия полыннолистная, пыльца которой является сильным аллергеном. В городах наличие свалок, несвоевременная уборка бытовых отходов привели к резкому увеличению численности синантропных животных (крыс, ворон, насекомых и пр.). Значительный вклад в биологическое загрязнение среды вносят предприятия, производящие антибиотики, ферменты, вакцины, сыворотки, биоконцентраты, т. е. предприятия промышленного биосинтеза, в выбросах которых присутствуют живые клетки микроорганизмов.

Загрязнение воздуха — привнесение в атмосферный воздух или образование в нем физико-химических агентов и веществ, обусловленное как природными, так и антропогенными факторами (рис.9.7). Естественными источниками загрязнения атмосферы служат извержение вулканов, лесные пожары, пыльные бури, процессы выветривания и др. Особенно опасно воздействие катастрофических явлений природы, в частности извержение вулкана Кракатау в 1883 г., Катмай (Аляска) в 1912 г., когда в атмосферу выбрасывалось 18—20 км³ пеплового материала. Пепел этих извержений распространился на большую часть поверхности Земли и вызвал уменьшение притока солнечной радиации на 10—20%, что привело к понижению среднегодовой температуры воздуха в северном полушарии на 0,5 °С. Аналогичные последствия имело извержение вулкана Пинатубо (Филиппины) в 1991 г., которое сопровождалось выбросом в атмосферный воздух более 20 млн. т диоксида серы. Также источником запыленности атмосферы могут быть крупные лесные пожары: летом 1915 г. лесные пожары в Западной Сибири охватили площадь около 1,5 млн. км², а дым от них распространился на площади около 6 млн. км.

Однако в последние десятилетия антропогенные факторы загрязнения воздуха стали превышать по масштабам естественные, приобретая глобальный характер. Из всех компонентов биосферы атмосфера обладает наибольшей способностью переносить возникшие в ней возмущения на большие расстояния. По этой причине атмосферные процессы являются основным механизмом превращения локальных воздействий человека на окружающую его среду в глобальные изменения природных условий.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

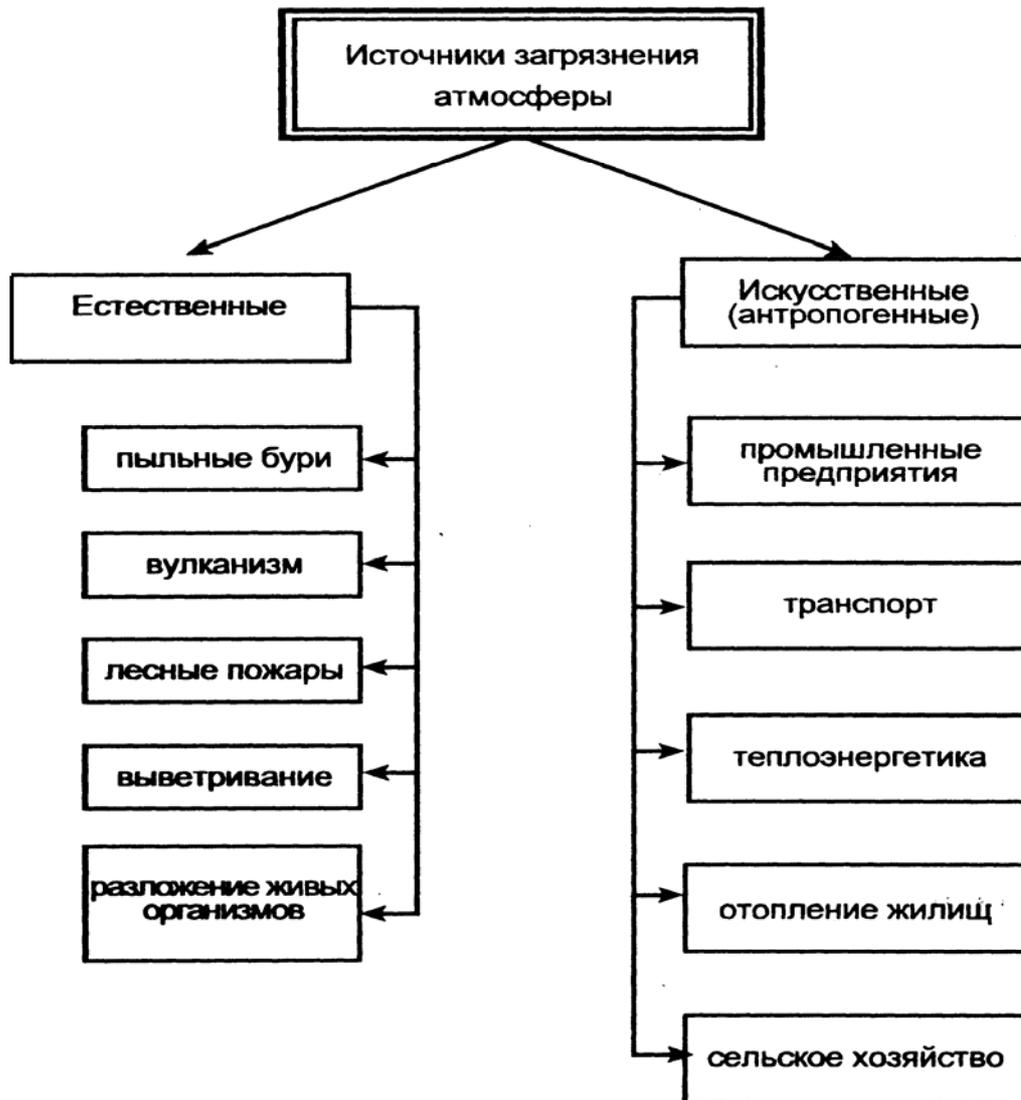


Рис.9.7. Источники загрязнения атмосферного воздуха

К основным источникам загрязнения атмосферного воздуха относятся: промышленные предприятия, транспорт, теплоэнергетика, сельское хозяйство и др. По агрегатному состоянию все загрязняющие вещества подразделяются на твердые, жидкие и газообразные, причем последние составляют около 90% от общей массы выбрасываемых в атмосферу компонентов. В 1930 г. в мире в атмосферу было выброшено более 400 млн. т четырех главных поллютантов (загрязнителей): диоксида серы, оксидов азота, оксидов углерода и твердых частиц. При этом Россия не является основным поставщиком этих веществ в атмосферу по сравнению с промышленно развитыми странами, в частности, её вклад составляет: по диоксиду серы — 12% (США — 21%), оксидам азота — около 6% (США — более 20%), оксиду углерода — 10% (США — 70%) и т. д. В 1993—1994 гг. в России из-за значительного спада производства и закрытия многих пред-

приятый несколько уменьшилось количество выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников, но зато возрос вклад транспорта. Так, в 1994 г. в России количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от транспорта составило 16,5 млн. т (около 47% от общего количества выбросов). Однако в ряде регионов на его долю (особенно автотранспорт) приходится более половины выбросов (55% — в Приморском крае, 63% — в Калининской области, 70% — в Пензенской области и Москве и т. д.). На одного жителя России приходится 342 кг выбросов в атмосферу в год. В 84 городах РФ загрязнение воздуха более чем в 10 раз превышает предельно допустимые концентрации (ПДК). Из 148 млн. россиян 109 млн. проживают в неблагоприятных экологических условиях, в т. ч. около 60 млн. человек при постоянном превышении ПДК токсичных веществ в воздухе. Все это приводит к тому, что на загрязненных территориях значительно возрастает заболеваемость населения, особенно детей, болезнями органов дыхания, крови, аллергическими болезнями, бронхиальной астмой и др.

Металлы тяжелые — металлы с большим атомным весом (свинец, цинк, ртуть, медь, никель, железо, ванадий, кадмий и др.), которые при антропогенном рассеивании загрязняют окружающую среду, оказывая токсичное воздействие на живые организмы и природные экосистемы. Основными источниками их служат: металлургические предприятия, сжигание угля, нефти и различных отходов, производство удобрений, цемента, автотранспорт и др. По новейшим расчетам вклад антропогенного свинца в загрязнение биосферы составляет 94—97% (остальное — природные источники), кадмия — 84—89%, меди — 56—87%, никеля — 66—75%, ртути — около 60% и т. д.

В соответствии с ГОСТом тяжелые металлы по степени опасности подразделяются на три класса.

I класс опасности: мышьяк, кадмий, ртуть, бериллий, селен, свинец, цинк.

II класс опасности: кобальт, хром, медь, молибден, никель, сурьма.

III класс опасности: ванадий, барий, вольфрам, марганец, стронций.

Тяжелые металлы весьма опасны для окружающей среды тем, что они обладают способностью накапливаться в живых организмах, увеличивая концентрации по трофическим цепям. Так, в озерах Канады у 80% хищных рыб (щука, судак, окунь) содержание ртути превышало критические значения в 2—4 раза и более. Это все в конечном счете представляет огромную опасность для здоровья человека, особенно при попадании в его организм высокотоксичных тяжелых металлов (болезни «Минамата», «Итай-Итай» и др.). Особенно значительны выпадения тяжелых металлов из атмосферы на подстилающую поверхность в таких регионах земного шара, как Северная Америка, Азия, Африка и Европа (например, свинца соответственно — 136 тыс. т/г, 52, 49 и 47 тыс. т/г.). Также велики поступления тяжелых металлов из атмосферы на акватории таких водоемов, как

оз. Мичиган, Эри, Ладожское, Онежское и др. Все это в конечном итоге приводит к заболеваниям человека.

Таблица 9.1

Эффекты избирательной токсичности при загрязнении среды тяжелыми металлами (по данным ВОЗ, 1991)

Загрязнитель	Главное воздействие на здоровье
Мышьяк	Рак легких; различные кожные болезни; гематологические эффекты, включая анемию
Бериллий	Дерматиты, язвы; воспаления слизистых оболочек
Кадмий	Злокачественные новообразования; острые и хронические респираторные заболевания; почечная дисфункция
Хром	Рак легких; злокачественные образования в желудочно-кишечном тракте; дерматиты
Свинец	Нарушение процессов кроветворения; повреждение печени и почек; неврологические эффекты
Ртуть	Воздействие на нервную систему, включая краткосрочную память; нарушение сенсорных функций и координации; почечная недостаточность
Никель	Респираторные заболевания (астма, нарушение дыхательной системы); пороки рождения и уродства; рак носа и легких
Ванадий	Астма, нервные расстройства; изменения в крови

**Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ
в воздухе населенных пунктов, мг/м³**

Загрязняющее вещество	ПДК_{м.р.}	ПДК_{с.с.}
Азота диоксид	0,085	0,04
Аммиак	0,2	0,04
Ацетон	0,35	0,35
Бенз(а)пирен	-	0,00001
Бензол	1,5	0,1
Взвешенные вещества (пыль)	0,5	0,15
Водород хлористый	0,2	0,2
Кадмий	-	0,001
Марганец и его соединения	0,01	0,0001
Медь	-	0,002
Никель металлический	-	0,001
Озон	0,16	0,03
Пыль цементная	0,3	0,01
Ртуть металлическая	-	0,0003
Сажа	0,15	0,01
Свинец и его соединения	-	0,0003
Сероуглерод	0,03	0,005
Серы диоксид	0,5	0,05
Углерода оксид	5,0	3,0
Фенол	0,01	0,003
Формальдегид	0,035	0,003
Фтористый водород	0,02	0,005
Хлор	0,1	0,03

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) — согласно закону РФ «Об охране окружающей природной среды» (ст. 26) — «нормативы ПДК вредных веществ, а также вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы, устанавливаются для оценки состояния окружающей природной среды в интересах охраны здоровья человека, сохранения генетического фонда, охраны растительного и животного мира». ПДК — это, прежде всего, санитарно-гигиенический норматив, ибо основная масса его показателей относится к здоровью человека. Причем существует раздельное нормирование содержания вредных примесей в воздухе: в рабочей зоне и в населенных пунктах. Для каждого загрязняющего вещества установлены два норматива:

ПДКм.р. — максимально разовая (временное осреднение за 20 мин.) и ПДКс.с. — среднесуточная (временное осреднение за 24 ч).

Предельно-допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе — максимальное количество вредного вещества в атмосферном воздухе, практически не влияющее отрицательно на живые организмы (в том числе и человека). Как уже отмечалось, необходимость раздельного нормирования примесей в воздухе в населенных пунктах и в рабочей зоне определяется условиями восприятия вредных веществ людьми разного возраста и состояния здоровья. Значения ПДК вредных веществ в населенных пунктах всегда меньше, чем в рабочей зоне (период воздействия ограничен продолжительностью рабочего дня). Так, в воздухе населенных пунктов ПДКм.р. для диоксида серы составляет $0,5 \text{ мг/м}^3$ и диоксида азота — $0,085$, а для рабочей зоны соответственно: 10 и 5 мг/м^3 . В табл. 9.2 приведены ПДК вредных веществ в воздухе населенных пунктов с приведением двух нормативов: ПДКм.р. и ПДКс.с.

Предельно-допустимая концентрация вредного вещества в водоемах — содержание загрязняющих компонентов, при увеличении которого вода становится непригодной для водопользования или отрицательно влияет на жизнедеятельность гидробионтов. Кроме ПДК, в водных объектах еще используется норматив «лимитирующий показатель вредности», отражающий приоритетность требований к качеству воды. Так, в объектах хозяйственно-питьевого назначения важны санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический (запах, привкус, окраска, мутность) лимиты, в других — рыбохозяйственный. Например, в водоемах санитарно-бытового пользования ПДК для нефтепродуктов составляет $0,3 \text{ мг/л}$, а рыбохозяйственного назначения (нефть весьма токсична для икры, личинок, мальков) — величина снижается до $0,05 \text{ мг/л}$. ПДК некоторых загрязняющих веществ в водоемах санитарно-бытового назначения приведены в табл. 9.3.

Предельно-допустимый выброс (ПДВ) — согласно Закону РФ «Об охране окружающей природной среды» (1991) — «нормативы ПДВ и сбросов вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы, устанавливаются с учетом производственных мощностей объекта, данных по наличию мутагенного эффекта и иных вредных последствий по каждому источнику загрязнения, согласно действующим нормативам ПДК вредных веществ в окружающей природной среде». Показатели ПДВ и предельно допустимого сброса (ПДС) используются при разработке комплексных программ оздоровления среды городов и промышленных центров органами природоохранного контроля. Более строгие нормативы ПДВ и ПДС устанавливаются для территорий повышенной социальной ценности (заповедники, заказники, курортные и рекреационные зоны, лечебно-оздоровительные территории и др.).

Предельно допустимые концентрации некоторых загрязняющих веществ в водоемах санитарно-бытового пользования, мг/л

Загрязняющее вещество	ПДК
Аммонийный азот	2,0
Анизол	0,1
Анилин	0,1
Бенз(а)пирен	0,000005
Бензол	0,5
ДДТ	0,1
Кадмий	0,005
Лигнин	1,6
Марганец	0,01
Медь	0,001
Никель	0,01
Нитритный азот	0,02
Ртуть	0,0005
Свинец	0,03
СПАВ (анионо-активные)	0,5
Фенолы	0,001
Хром (шестивалентный)	0,05
Цинк	0,01
Циклогексан	0,1
Цианиды	0,05

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

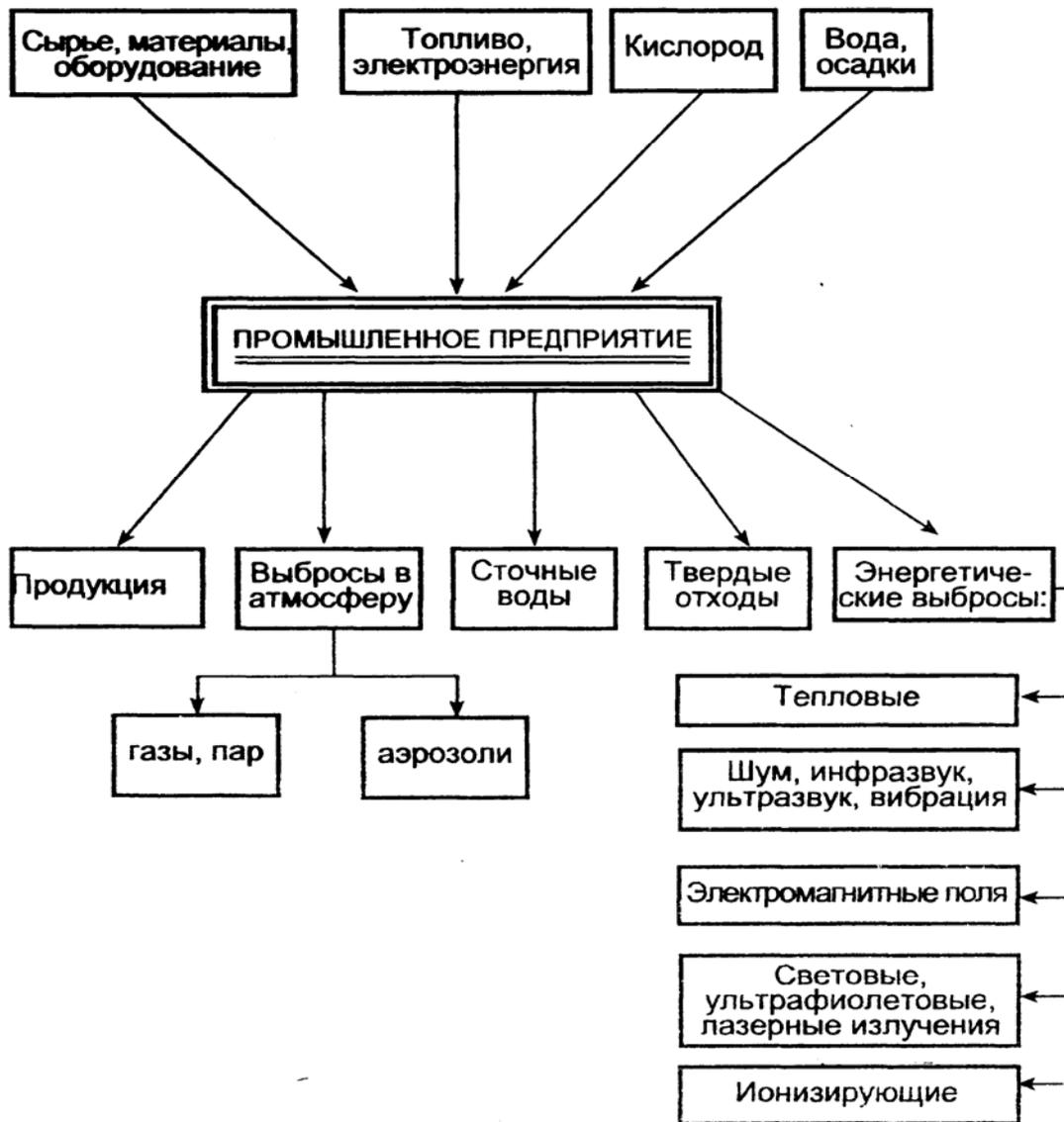


Рис.9.8. Основные типы воздействия промышленного предприятия на окружающую среду

Промышленная экология — раздел экологии, рассматривающий воздействие промышленности (иногда всего хозяйства — промышленности, транспорта и сельского хозяйства) на окружающую природную среду, и, наоборот, влияние условий внешней среды на функционирование предприятий и их комплексов. В последнее время для изучения промышленных (индустриальных) экосистем стали использовать некоторые модели природных биологических экосистем (аналоги биоэкологии). Экоиндустриальные циклы развиваются не в изоляции от окружающих их природных систем, а в согласии с ними. Такой системный подход предполагает стремление к оптимизации использования ресурсов, энергии посредством пол-

ного материального цикла, от первоначального материала до конечного и к полному его использованию.

Промышленность воздействует на окружающую природную среду в результате потребления сырья, материалов, воды и энергии, производя сточные воды и отходящие газы, а также огромное количество твердых отходов. Отрицательное воздействие на среду оказывают энергетические выбросы (тепловые, шум, вибрация, различные излучения и др.). На рис.9.8 показаны основные типы воздействия промышленного предприятия на окружающую природную среду.

В последние годы в России спад промышленного производства вызвал некоторое уменьшение антропогенной нагрузки на окружающую природную среду. Например, в 1994 г. выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в целом по России снизились на 12,7%, водозабор из природных источников — на 8,5%, а объемы сбросов загрязненных сточных вод в природные водные объекты — на 9%. Однако на территории РФ экологическая обстановка в целом не претерпела существенных изменений. В 1994 г. промышленность России выбросила в атмосферу 19,5 млн. т загрязняющих веществ, причем максимальные величины приходятся на энергетику (27%), цветную — 17,9%, черную металлургию (14%) и т. д. Причем по степени токсичности выбросов в атмосферу отрасли промышленности можно расположить в такой убывающий ряд: цветная металлургия, химическая, нефтехимическая, черная металлургия, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность и т. д. Если общее количество вредных примесей в атмосферу от стационарных источников по РФ в 1994 г. составило 21,9 млн. т, то в 1995 г. — 21,3 млн. т.

В 1994 г. общий сброс загрязненных сточных вод в водные объекты России составил 24642 млн. м³, из них на жилищно-коммунальное хозяйство пришлось 51,1%, на промышленность — 35% и сельское хозяйство — 12,8%. В водные объекты промышленные предприятия сбросили загрязняющих веществ 8619 млн. м³. Как видно, в промышленности максимальная доля сброса приходится на деревообрабатывающую и целлюлозно-бумажную промышленность (19,6%), химическую и нефтехимическую (17,7%) и энергетическую отрасли (14,5%). По Государственному докладу «О состоянии окружающей природной среды РФ в 1995 году», более чем в 40% субъектов РФ актуальны проблемы загрязнения атмосферного воздуха городов и промышленных центров, обезвреживания и утилизации токсичных промышленных отходов, а также загрязнения поверхностных и подземных вод различными отраслями народного хозяйства.

Промышленные аварии — повреждения, выход из строя различных коммуникаций и механизмов, приборов, сооружений, приводящие к значительному материальному ущербу и даже к человеческим жертвам. Так, в 1995 г. на промышленных производствах и объектах произошло 337 аварий, непосредственный ущерб от которых превысил 420 млрд. руб., погиб-

ло 609 человек. Причем несколько возросло количество аварий (на 14%) на предприятиях химической, нефтехимической, микробиологической и нефтеперерабатывающей промышленности. Основные виды аварий — это пожары и взрывы на промышленных объектах и открытые газонефтяные фонтаны, составляющие 68% от всех аварий и являющиеся наиболее тяжелыми по влиянию на природную среду и здоровье производственного персонала и населения. Тревожное положение в России сложилось с эксплуатацией внутрипромысловых трубопроводов (их протяженность составляет 350 тыс. км). На действующих магистральных газопроводах в 1995 г. произошла 31 авария, в результате потеряно около 85 млн. м³ природного газа. При транспортировке нефти и нефтепродуктов произошло 17 аварий, в том числе 10 с тяжелыми последствиями (Башкортостан, Коми, Тюменская и Волгоградская области).

РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ

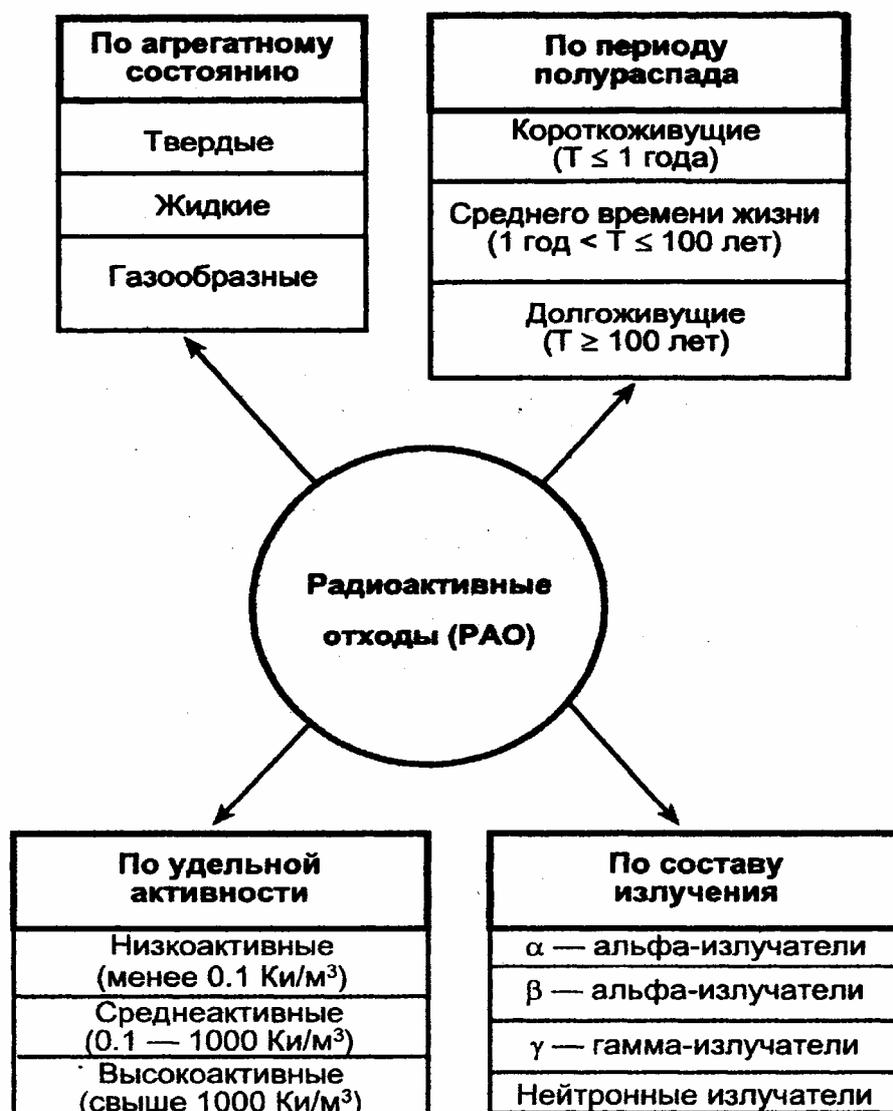


Рис.9.9. Классификация радиоактивных отходов по различным признакам

Радиоактивные отходы — это побочные биологически или технически вредные вещества, которые содержат образовавшиеся в результате деятельности человека радионуклиды. Радионуклиды — общее название радиоактивных элементов, нестабильные атомные ядра (нуклиды), подверженные радиоактивному распаду. Количество естественных (первозданных) радионуклидов незначительно (калий-40, торий-232, уран-235, уран-238 и др.), причем наиболее распространен уран-238 (99,2%). Преобладающая часть радионуклидов искусственного происхождения (путем расщепления атомных ядер): стронций-90, йод-131, криптон-85, цезий-137, цезий-134, плутоний-239, плутоний-240 и др.

Радиоактивные отходы (РАО) классифицируются по различным признакам: агрегатному состоянию, по периоду полураспада, по удельной активности, по составу излучения и т. д. (рис.9.9). Во многих странах, имеющих АЭС и радиохимические заводы по производству плутония, накопились значительные количества РАО. Много отходов образуется при переработке отработавшего ядерного топлива (таких предприятий в России — 16). Так, при переработке 1 т РАО образуется (по минимальным оценкам) 4,5 т высокоактивных отходов, 150 т жидких среднеактивных и более 2000 т низкоактивных отходов. В настоящее время на 129 энергоблоках АЭС России хранится 140 тыс. м³ жидких отходов общей активностью 29 тыс. Ки, 8 тыс. м³ отвержденных отходов и 120 тыс. м³ твердых отходов (оборудование, строительный мусор). На российских предприятиях различных ведомств (военно-морской флот, судостроительная промышленность, пункты захоронения и пр.) количество отходов на 1994 г. составило примерно $2,4 \times 10^5$ м³ (при общей активности 2×10^6 Ки).

Пока полностью не решена проблема радиоактивных отходов и отсутствуют надежные методы их утилизации. Наиболее приемлемый путь — это захоронение РАО на значительную глубину в земную кору. Например, в США захоронение РАО производят в соляных шахтах и скальных породах, в Швеции — подземных хранилищах в гранитах и т. д. В нашей стране отработанные отходы концентрируются при АЭС (только на Ленинградской АЭС хранится 11,5 тыс. м³ жидких и 14,1 тыс. твердых РАО), на некоторых станциях (Курская АЭС) заполненность хранилищ достигает 99% (27,5 тыс. твердых РАО); а также в отдельно расположенных хранилищах. На территории России имеется 15 полигонов для захоронения РАО, а также крупные центры по утилизации жидких радиоактивных отходов (Челябинск-65, Красноярск-26 и др.). Однако эти районы стали зонами экологического бедствия. Так, в районе полигона «Маяк» (под Челябинском) радионуклидами уже загрязнено более 13 млн. га земель, почти все поверхностные водотоки, и, как результат, здесь резко возросло количество онкологических заболеваний местного населения. Более или менее нормальная обстановка сложилась в районе НПО «Радон», которое в Московской области производит сбор, переработку и захоронение РАО. Здесь за

два десятилетия захоронено около 87 тыс. м³ жидких отходов. Вокруг предприятия имеется санитарная защитная зона (2,5 км) и зона наблюдений, где имеются 25 автоматизированных пунктов измерения и 150 пунктов периодического контроля за радиационной обстановкой района.

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

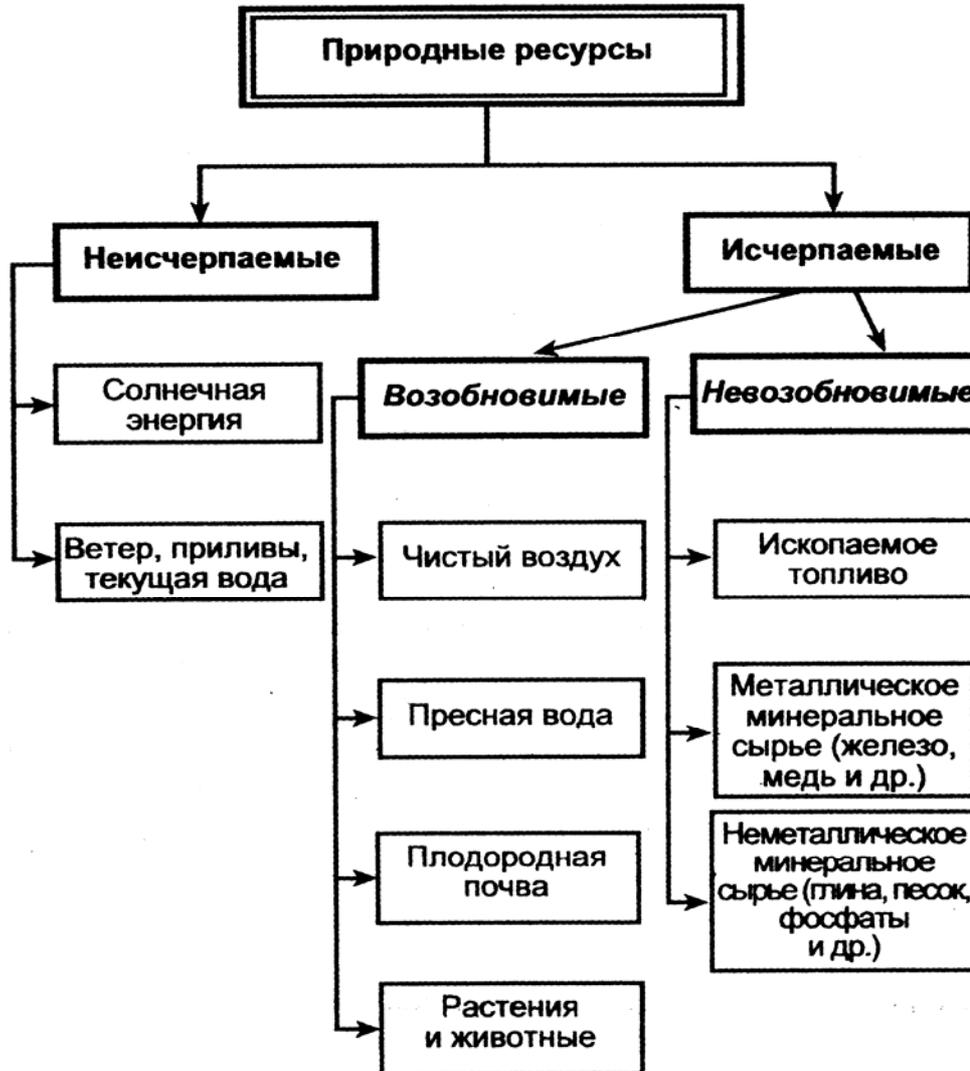


Рис.9.10. Основные типы природных ресурсов

Ресурсы биологические — организмы, которые являются или могут быть объектами промысла; все живые средообразующие компоненты биосферы (продуценты, консументы, редуценты). Они относятся к категории исчерпаемых возобновимых природных ресурсов. Различают растительные ресурсы, ресурсы животного мира, охотничьи, пастбищные и др. Так, тайга богата охотничье-промысловыми ресурсами (пушнина, мясо, шкуры ценных животных), лесными (тайга только европейской части России имеет запасы древесины около 5,0 млрд. м³), а также пищевыми ресурсами (яго-

ды, грибы, кедровые орехи и др.). Особо выделяют генетические ресурсы, т. е. наследственную генетическую информацию, заключенную в генетическом коде живых существ.

Ресурсы естественные (природные) — важнейшие компоненты окружающей человека природной среды, используемые для создания материальных и культурных потребностей общества (земельные, лесные, ресурсы животного мира, водные, рекреационные и др.) На рис.9.10 представлена классификация природных ресурсов, позволяющая оценить масштабы их запасов, возможность использования и комплекс необходимых мер по их рациональному использованию. Они подразделяются на две группы: неисчерпаемые и исчерпаемые, последние в свою очередь подразделяются на невозобновимые и возобновимые.

Неисчерпаемые (неистощимые) ресурсы — количественно неиссякаемая часть природных ресурсов (солнечная энергия, морские приливы, текущая вода), иногда сюда относят атмосферу и гидросферу, хотя при значительных загрязнениях антропогенными токсикантами они могут переходить в категорию исчерпаемых (возобновимых).

Исчерпаемые — ресурсы, количество которых неуклонно уменьшается по мере их добычи или изъятия из природной среды. Они в свою очередь делятся на возобновимые и невозобновимые (минеральные). Рекреационные ресурсы — это природные ресурсы, обеспечивающие отдых и восстановление здоровья и трудоспособности человека; эстетические — сочетание естественных факторов, положительно воздействующих на духовные богатства человека.

Ресурсы минеральные — все пригодные для употребления вещественные составляющие литосферы, используемые в хозяйстве как минеральное сырье или источники энергии (ископаемое топливо), относятся к исчерпаемым (невозобновимым) природным ресурсам. Развитие общества со времени его зарождения и становления связано с использованием минерального сырья (каменный, бронзовый век), извлекаемого из земных недр. Постоянно увеличивающийся расход сырья приводит к возрастанию темпов их добычи, но запасы минерально-сырьевых ресурсов не безграничны и практически не возобновимы. Так, только с 1955 по 1985 г. мировая добыча бокситов возросла в 11 раз, фосфоритов и калийных солей — более чем в 5 раз, молибдена — в 7 раз, железной руды — почти в 4 раза и т. д. Особенно в последние годы возросла добыча энергетических видов сырья — нефти и природного газа. В 1991 г. в мире было добыто 3340 млн. тонн нефти, из них почти 40% приходилось на США, Саудовскую Аравию и Россию. Добыча природного газа в мире составила 2115 млрд. м³, из них на СССР пришлось 38% и на США — около 24%.

В России с конца 80-х гг. отмечается сокращение объема добычи многих полезных ископаемых: в 1990 г. добыча нефти составила 307 млн.

тонн (в 1991 г. — 462 млн. тонн), природного газа — 595 млрд. м³ (в 1991 г. — 643 млрд. м³), угля — 263 млн. тонн (в 1991 г. — 353 млн. тонн) и т. д.

Также значительно сократилась добыча золота, платины, алмазов и др. На общем фоне сокращения добычи минеральных ресурсов, степень вовлечения в промышленное освоение запасов многих дефицитных видов полезных ископаемых достаточно высока (алмазы — 88%, никель, кобальт — 83%, нефть — 72%, медь — 78% и др.). Все это свидетельствует об отставании поисково-разведочных работ, а также о низкой технологии добычи минеральных ресурсов (в недрах теряется в среднем 20% угля, извлекается не более 50% нефти.)

Ресурсы минеральные океана — это перспективный источник минеральных ресурсов на нашей планете, причем более 90% всех добываемых полезных ископаемых приходится на нефть и газ. Мировой океан дает 90% брома, 60% магния, 1/3 поваренной соли от общего количества, добываемого в мире. Практически не ограничены запасы стройматериалов (галька, гравий, кварцевый песок, ракушняк и пр.); многочисленны месторождения россыпных минералов (золото, платина, олово, торий, цирконий, алмазы, титан, редкоземельные элементы и пр.). В шельфовых зонах океана добывается 60% циркониевых и 25% ториевых минералов; у берегов Бразилии и Индии добывают олово, а на шельфе Африки — алмазы. Запасы фосфоритов в океане достигают примерно 90 млрд. тонн, а железомарганцевых конкреций — около 2—3 трлн. тонн. В будущем весьма перспективны железомарганцевые конкреции, содержащие около 20 ценных элементов (до 36% марганца, а также медь, никель, кобальт). По расчетам американских океанологов, потенциальные запасы металлов в железомарганцевых конкрециях составляют (10⁶ тонн): марганца — 2200, никеля — 98, меди — 80 и кобальта — 20.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ШУМ

Шум экологический — одна из форм загрязнения окружающей среды, которая состоит в увеличении уровня шума сверх природного фона и действует отрицательно на живые организмы (включая человека). Шум бывает бытовой, производственный, промышленный, транспортный, авиационный, шум уличного движения и др. Основными источниками городского шума служат промышленные предприятия, среди которых особенно выделяются энергетические установки (100—110 дБ), компрессорные станции (100 дБ), металлургические заводы (90—100 дБ) и др. Значительный шум также создают транспортные среды (в дБ):

- автомобильный транспорт (на расстоянии около 8 м) — 77—83 (в том числе легковые — 77, грузовые и автобусы — 78 — 83);
- железнодорожный транспорт (до 20 м) — 90—101;
- воздушный транспорт (под трассой) — 98—105.

Так, в России свыше 30% жителей городов подвержены действию сверхнормативных уровней шума (55—65 дБ и выше), в частности в Москве зона акустического дискомфорта распространяется на 30% площади города. В крупных городах России (Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Красноярск, Екатеринбург, Магнитогорск и др.) на магистралях с интенсивным движением (до 6—8 тыс. экипажей в час) фиксируется уровень шума в среднем 73—83 дБ, максимальные — до 90 дБ и более.

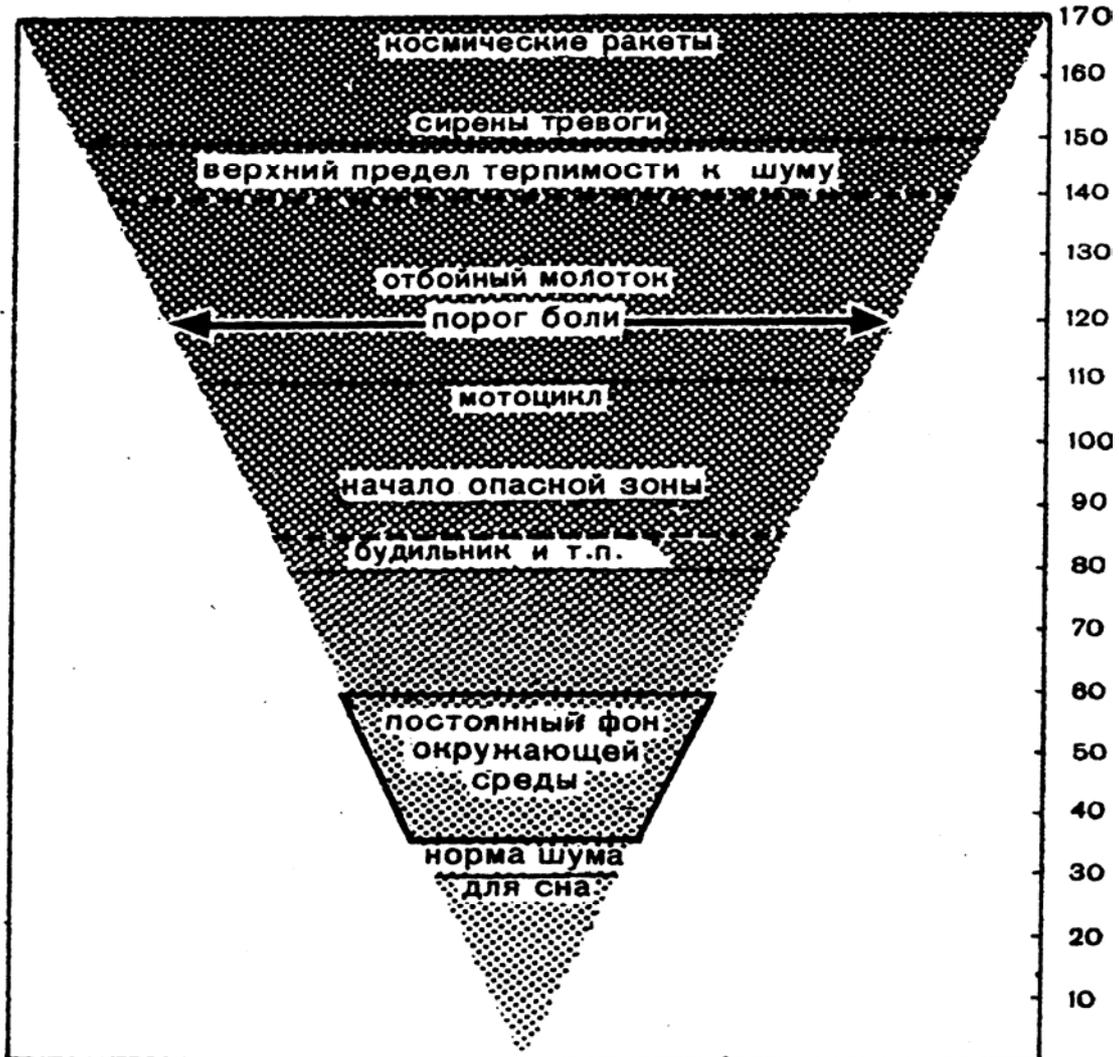


Рис.9.11. Источники шума (в дБ) и воздействие их на организм человека

На рис.9.11 видно, что постоянный шум среды колеблется от 35 до 60 дБ, причем физиологически допустимые нормы шума 45 дБ ночью и 60 дБ днем. Если шум достигает 70—80 дБ, человек начинает чувствовать утомление. Шум, интенсивность которого колеблется между 85 и 110 дБ, уже представляет опасность. По данным Ф. Г. Кроткова (1975), если сила шума превышает предел (120—140 дБ), человеку угрожает травма, вызывающая необратимые поражения слуховых органов. Высокая шумовая нагрузка в городах приводит к росту заболеваемости сердечно-сосудистыми,

нервными и другими болезнями взрослого, и особенно детского населения. Поэтому Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разработала программу по снижению шума в городах, а также включила некоторые виды физического загрязнения среды (шумовое, электромагнитные излучения и др.) в число наиболее важных экологических проблем современности.

Шумозащита — комплекс мероприятий по снижению шума на производстве (установка звукоизолирующих кожухов на оборудовании, глушителей в компрессорах, вентиляторах и др.), на транспорте (глушители выбросов, создание на дорогах акустических экранов, шумозащитных зон), при гражданском и промышленном строительстве. Для колесно-рельсового транспорта в некоторых странах (Германия, США) стали применяться технические приемы снижения шума: звукопоглощающие колесные бленды, замена колодочных тормозов на дисковые и т. п. В городах необходимо увеличивать площади зеленых насаждений, особенно вдоль оживленных автомагистралей, что позволит значительно снизить шумовое и химическое загрязнение окружающей среды.

Шумопоглощающий асфальт — дорожное покрытие из специального асфальта, снижающего шум, причем поглощение шума достигается главным образом благодаря высокой пористости такого асфальта — 26% составляет объем пустот (в обычных асфальтовых покрытиях он составляет около 6%). Применение такого асфальта в Германии позволило снизить на дорогах уровень шума на 4 - 6 дБ.

ЭВТРОФИКАЦИЯ

Эвтрофикация — повышение биологической продуктивности водоемов в результате накопления в воде биогенных веществ под воздействием естественных и, главным образом, антропогенных факторов. Основными причинами является поступление огромных количеств биогенных компонентов (особенно азота и фосфора), которые поставляются в среду сельскохозяйственным производством (применение удобрений), а также различных детергентов (ежегодно в мире используется свыше 30 млн. т мыла) и др. По данным Б. Хендерсон-Селлерса и др. (1990), основными критериями для характеристики процесса эвтрофикации водоемов являются:

- уменьшение концентрации растворенного кислорода в воде;
- увеличение содержания биогенных компонентов;
- увеличение содержания взвешенных частиц, особенно органического происхождения;
- последовательная смена популяций водорослей с преобладанием сине-зеленых и зеленых;
- возрастание мутности воды (уменьшение проникновения снега);
- значительное увеличение биомассы фитопланктона (при одновременном уменьшении разнообразия видов) и т. д.



Рис.9.12. Экологические последствия эвтрофирования водоемов

На рис.9.12 показаны негативные экологические последствия эвтрофирования водоемов («цветение» вод, краевые приливы, ухудшение качества воды и пр.). Процессы эвтрофикации охватили многие крупные пресноводные водоемы США и Канады (Великие Американские озера), Японии, Европы (Женевское, Ладожское, Онежское озера, Балатон и др.), а также многие морские бассейны (Средиземное, Черное, Балтийское и др.). Поскольку эвтрофирование водоемов стало серьезной глобальной экологической проблемой, по линии ЮНЕСКО начаты работы по мониторингу внутренних вод и контролю за эвтрофированием водоемов земного шара.

ОСНОВНЫЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ БИОСФЕРЫ

Экотоксиканты — вредные химические вещества, загрязняющие окружающую природную среду и отравляющие находящиеся в ней живые организмы, включая человека. Основными источниками поступления их в среду являются предприятия химической, цветной, металлургической,

нефтеперерабатывающей, топливной и других промышленных отраслей, а также различные виды транспорта (особенно автомобильный), сельскохозяйственное производство (минеральные удобрения, пестициды), АЭС и др.

Таблица 9.4

1. Углекислый газ		Образуется при сгорании всех видов топлива. Увеличение его содержания в атмосфере приводит к повышению ее температуры, что чревато пагубными геохимическими и экологическими последствиями
2. Окись углерода		Образуется при неполном сгорании топлива. Может нарушить тепловой баланс верхней атмосферы
3. Сернистый газ		Содержится в дымах промышленных предприятий. Вызывает обострение респираторных заболеваний, наносит вред растениям. Разъедает известняк и некоторые ткани
4. Окиси азота		Создают смог и вызывают респираторные заболевания и бронхит у новорожденных. Способствуют чрезмерному разрастанию водной растительности
5. Фосфаты		Содержатся в удобрениях. Главный загрязнитель вод в реках и озерах
6. Ртуть		Один из опасных загрязнителей пищевых продуктов, особенно морского происхождения. Накапливается в организме и вредно действует на нервную систему
7. Свинец		Добавляется в бензин. Действует на ферментные системы и обмен веществ в живых клетках
8. Нефть		Приводит к пагубным экологическим последствиям, вызывает гибель планктонных организмов, рыбы, морских птиц и млекопитающих
9. ДДТ и другие пестициды		Очень токсичны для ракообразных. Убивают рыбу и организмы, служащие кормом для рыб. Многие являются канцерогенами
10. Радиация		В превышенно допустимых дозах приводит к злокачественным новообразованиям и генетическим мутациям

В таблице 9.4 указаны десять главных загрязнителей (экотоксикантов) природной среды и их негативные воздействия на живые организмы.

9.3. Приложение 3

Знаете ли вы, что...

- Энергетический баланс Земли складывается из различных источников, однако главнейшими из них являются солнечная и радиоактивная энергии. В ходе эволюции Земли радиоактивный распад был интенсивным, и 3 млрд. лет тому назад радиоактивного тепла было в 20 раз больше, чем сейчас. В настоящее время тепло солнечных лучей, падающих на Землю, значительно превосходит внутреннее тепло от радиоактивного распада. Солнце дает нам в год $2,5 \times 10^{20}$ ккал. тепла. 40% солнечной энергии отражается Землей в мировое пространство, 60% поглощается атмосферой и почвой. Часть этой энергии расходуется на фотосинтез, часть идет на окисление органических веществ, а часть консервируется в угле, нефти, торфе.

- Зеленые растения образуют в год 100 млрд. т органических веществ. Запасают 4×10^{17} ккал, поглощают 170 млрд. т CO_2 выделяют 120 млрд. т O_2 , испаряют 10^{11} т H_2O . Помимо того, растения вовлекают в синтез миллиарды тонн фосфора, серы и других элементов, в результате чего ежегодно синтезируется около 400 млрд. т органических веществ. При всей своей грандиозности природный фотосинтез - медленный и малоэффективный процесс, поскольку зеленый лист использует для фотосинтеза всего 1% падающей на него солнечной энергии.

- В настоящее время в мире общее количество охраняемых природных территорий превышает 2600 при общей их площади свыше 4 млн. км². что составляет 3% площади суши.

- Количество кислорода, выделяемого растительной клеткой в процессе фотосинтеза, в 20-30 раз больше, чем поглощение его в одновременно идущем процессе дыхания. Днем, когда в растениях идут оба процесса, воздух обогащается кислородом, а ночью, когда фотосинтез прекращается, сохраняется только процесс дыхания.

- По России в целом процент лесистости составляет 44,7%.

- Наземные беспозвоночные животные - самая многочисленная группа животного мира. Из наземных беспозвоночных в Красную книгу России внесено 34 вида насекомых.

- В настоящее время на Земле существует более 2 млн. видов организмов, из них на долю растений приходится около 500 тыс. видов, а на долю животных более 1,5 млн. видов. Самая богатая по числу видов группа организмов на Земле - насекомые. Среди высших растений наиболее распространены покрытосеменные - цветковые, их около 250 тыс. видов.

- У представителей разных живых организмов продолжительность онтогенеза неодинакова. К долгожителям - до 4000-5000 лет относятся: баобаб, драконовое дерево, мамонтово дерево - секвойя, остистая сосна Калифорнии; кипарис - 3000 лет, период онтогенеза для дуба - 1200 лет,

липы - 1000 лет, грецкий орех – 300-400 лет, яблоня - 200 лет, виноград - 80-100 лет, гриб-трутовик - до 25 лет, белый гриб - несколько лет.

Среди животных онтогенез достаточно различен: филин обыкновенный живет 68 лет, слон африканский - 60 лет, черепаха - до 150 лет, сом - до 60 лет, жаба обыкновенная - до 36 лет, муравей - до 7 лет, пчела медоносная - до 5 лет.

- Разнообразен видовой состав животных: в мире численность птиц составляет 9000 видов (в России - 720 видов), пресмыкающихся и земноводных около 9000 (в России - 92 вида), рыб - 19000 (в России - 2800 видов), млекопитающих в мире более 4000 видов, а в России - 328 видов.

- Обычно вдыхаемый человеком воздух содержит 21% O_2 (по объему) и 0,03% CO_2 , а выдыхаемый - 16% O_2 и 4% CO_2 ; за сутки человек выдыхает $0,5 \text{ м}^3 CO_2$.

- Океаны и моря содержат громадные скопления простейших организмов. Общая масса планктона и бентоса оценивается в 10^{11} т. На долю планктона океана приходится 1/3 фотосинтеза, происходящего на всей планете.

- Почти 70% запасов основных видов полезных ископаемых приходится на северные районы, здесь сосредоточены основные запасы никелевых руд, металлов семейства платиновых, кобальта, меди, свинца и цинка, золота и серебра, алмазов, сурьмы и ртути, титана, олова, апатитов, слюды-мусковита, угля и других полезных ископаемых. Свыше 70% прогнозных ресурсов полезных ископаемых приходится на долю северных районов.

- В настоящее время в России общая площадь земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых (уголь, железные, марганцевые руды, нерудное сырье, торф и др.), а также занятых отходами горного производства, превышает 2 млн. га, из которых 65% приходится на европейскую часть страны.

- Масса атмосферы составляет 5×10^{15} т. Девять десятых этой массы сосредоточено в самом нижнем слое толщиной в 17 км.

- До высоты 100 км атмосферу подразделяют на четыре оболочки: тропосферу, стратосферу, мезосферу и термосферу. В стратосфере на высоте около 35 км расположен озоновый защитный слой. Масса кислорода в атмосфере составляет $1,5 \times 10^{15}$ т, азота - 4×10^{15} т, аргона - $1,6 \times 10^{12}$ т, углекислого газа - $2,3 \times 10^{12}$ т. Озона в атмосфере очень мало, всего 4×10^{-7} об. %. Если собрать весь озон атмосферы в слой, то при нормальных условиях он будет иметь толщину всего лишь 0,3 см. Однако этого количества вполне достаточно, чтобы говорить о защитных свойствах озонового слоя, поскольку озон обладает очень сильным поглощением ультрафиолетовой радиации. Содержание озона у поверхности Земли незначительно и колеблется в пределах 20—60 мкг на 1 м^3 .

- Основными загрязнителями атмосферы являются транспорт и индустрия. Тысяча автомобилей с карбюраторными двигателями в день вы-

брасывают около 3 т CO, 100 кг NO_x, 500 кг соединений неполного сгорания бензина. В состав основных компонентов выхлопов бензиновых двигателей внутреннего сгорания входят (об.%): оксиды углерода - 0,5-12,0; водород - 0,1-5,0; кислород - 0,3-8,0; азот - 74-77; оксиды азота - 0,001-0,8; пары воды - 3,0-5,5; углеводороды - 0,2-3,0; сажа - до 0,04 г/м³; альдегиды - до 0,2 мг/л; бенз(а)пирен - 10-20 мг/м³. Количество свинца в воздухе находится в прямой зависимости от интенсивности движения и может достигать 4-12 мг/м³. При работе на серосодержащем топливе в выхлопах появляется оксид серы SO₂.

- Анализ состава промышленных выбросов и автотранспорта показывает, что на городских территориях 85% общего выброса вредных веществ в атмосферу составляют сернистый газ, оксиды углерода и аэрозольная пыль. Половина остальных 15% специфических вредных веществ приходится на углеводороды, другая половина - на аммиак, сероводород, фенол, хлор, сероуглерод, фтористые соединения, серную кислоту.

- Под кронами деревьев на поверхность почвы оседает в 5-10 раз больше пыли, чем в открытой местности.

- К наиболее опасным для растений газам относятся сернистый газ, фтороводород и озон. Эти газы, проникая в лист, вступают в реакцию с компонентами хлоропластов, вызывая распад хлорофилла и гибель растений.

- Смог происходит от дымов и туманов. Согласно одному из последних международных экологических словарей, смог - это «туман, ставший более тяжелым и более темным благодаря городской копоти-дыму».

- К опасным факторам антропогенного загрязнения атмосферы относятся радиоактивность, естественная радиоактивность атмосферы - это закономерное явление, обусловленное двумя причинами: наличием в атмосфере радона ²²²Rn и продуктов его распада, а также воздействием космических лучей. Главными радиоизотопами, образующимися в атмосфере под воздействием космических лучей, являются следующие: тритий ³H с электронным типом излучения и конечным продуктом гелием, углерод ¹⁴C также с электронным типом излучения, но с конечным продуктом азотом; натрий ²³Na - излучает позитроны, γ - лучи приводят к образованию неона; хлор ³⁹Cl - электроны, γ - лучи с образованием аргона; аргон ⁴¹Ar - электроны, γ - лучи с конечным продуктом калием. При ядерных взрывах большая часть изотопов образуется в результате деления урана-235, урана-238 и плутония-239; к ним относятся: ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ⁹⁵Zr, ¹³¹I, ¹³⁷Cs, ¹⁴⁰Ba, ¹⁴⁴Ce. Особую опасность для человека и животных представляет стронций-90, не только как долгоживущий элемент (27,7 лет), но и как аналог кальция, способный заменять его в костях живых организмов со всеми вытекающими отсюда последствиями.

- Образование оксидов азота в атмосфере происходит при ядерном взрыве за счет быстрого разогрева воздуха примерно до температуры 6000 К и последующего быстрого его охлаждения. Считается, что при взрыве мощностью в 1 Мт образуется от 1000 до 12000 т оксидов азота.

- За счет ежегодного сжигания топлива на планете образуется до 3 млн. т оксидов азота.

- Роль оксида азота в разложении озона очень велика; с его участием, т.е. в азотном цикле разлагается до 80% озона.

- Фреоны - галоидопроизводные метана, пропана, этана - очень хорошо сохраняются в атмосфере, поскольку плохо растворимы в воде и не горят, имеют низкие температуры кипения, поэтому на воздухе хорошо испаряются. Из атмосферы часть фреонов уходит с водой и, не гидролизуясь, скапливается в океане. Океан является своеобразным резервуаром фреонов. Появление озоновых дыр связывают и с накоплением фреонов в стратосфере, хотя это пока мало изучено.

- В вопросах мониторинга атмосферы следует учитывать, что в окружающую среду выбрасывается до 400 наименований загрязнителей. В СНГ установлены ПДК для 145 веществ и 20 их комбинаций в атмосферном воздухе. Основное количество нормируемых для воздуха веществ имеют ПДК на уровне 5-100 мкг/м³, однако для ряда токсичных веществ он находится в пределах 1-5 мкг/м³, например, ПДК для неорганических соединений мышьяка - 1 мкг/м³, сульфата свинца - 2, пятиоксида ванадия - 3, соединений шестивалентного хрома - 4, ацетофенола - 5, стирола - 5, металлической ртути - 0,3, свинца и его соединений - 0,7, гексаметилендиамина - 4, метилмеркаптана - 0,009 мкг/м³.

- В ежегодных выбросах в атмосферу при сжигании углей в масштабах планеты содержится до 200 млн. т оксидов серы, 65 млн. т оксидов азота, 80 млн. т различных углеводородов, 250 млн. т аэрозолей и 400 млн. т оксидов углерода, кроме того, в дымовых выбросах содержатся ртуть, свинец, кадмий, мышьяк.

- Общая масса воды в гидросфере оценивается - 2×10^{18} т. В Мировом океане ее содержится 1372 млн. км³, в литосфере - 600, в материковом льде - 23, в водоемах суши 1 млн. км³.

- Ежегодно с поверхности Земли испаряется 0,5 млн. км³ воды, что составляет половину объема всех водоемов суши.

- Водяные пары атмосферы, а их 13 тыс. км³, обновляются в течение десяти суток. Вода озер обновляется каждые 10 лет. Воды Мирового океана полностью сменяются каждые 3 тыс. лет, а в самой малоподвижной форме воды, ледниках, полный водообмен происходит за 8,5 тыс. лет.

- По преобладающим на сегодня воззрениям, начало водной оболочке Земли - гидросфере - дала вода, выделявшаяся и продолжающаяся выделяться из мантии в результате дегазации и обезвоживания вещества мантии. Расчеты показывают, что в мантии содержатся практически неисчер-

паемые запасы химически связанной воды - около 13-15 млрд. км³, т. е. в десять раз больше, чем свободной воды во всем Мировом океане,

- Поперечник Земли (экваториальный диаметр) равен 12760 км, а средняя глубина океана в его современном ложе составляет 3700 м. Следовательно, толщина слоя океанической воды в среднем равна лишь 1/3450 части или 0,03% земного диаметра. В сущности, это тончайшая водяная пленка на поверхности Земли, играющая, подобно озоновому защитному слою, исключительно важную роль в биосфере. Дно Мирового океана выпуклое, а не вогнутое.

- В химическом составе морской воды можно выделить пять компонентов:

- 1) одиннадцать ионов составляют 99,98% по весу от всех растворенных в воде солей (хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, бромиды, фториды, бораты, катионы натрия, магния, кальция, калия, стронция);

- 2) биогенные элементы (углерод, водород, азот, фосфор, кремний, железо, марганец);

- 3) растворенные в морской воде газы: кислород, азот, углекислый газ, углеводороды и благородные газы;

- 4) микроэлементы;

- 5) органические вещества.

- Главное отличие морской воды от речной состоит в том, что подавляющую часть морской соли составляют хлориды, а в речной воде преобладают углекислые соли.

- За условную прозрачность морской воды принята глубина моря (океана), на которой белый диск диаметром 30 см становится невидимым.

- В океане обитает свыше 300 тыс. видов живых организмов от микроскопических водорослей до самых крупных на планете животных — 160-тонных синих китов. Океан является грандиозным источником минеральных ресурсов, в нем сосредоточено около 5×10^{16} т минерального сырья.

- В обменном процессе между атмосферой и океаном, т.е. в «дыхании» океана, участвует 100 млрд. т CO₂. При этом жизнь, населяющая океан, ассимилирует в год в среднем 126 млрд. т CO₂ против 20 млрд. т, ассимилируемых жизнью суши.

- Пресной называют воду, в 1 кг которой содержится не более 1 г солей. Из общего количества воды на Земле на долю пресной приходится не более 3%. Пресная вода содержится в ледниках - 24364 тыс. км³ (в пересчете на воду); 10530 тыс. км³ составляют подземные воды; 91 тыс. км³ - пресные озера; 17 тыс. км³ - влага почв; 13 тыс. км³ — вода в атмосфере; 12 тыс. км³ - вода болот; 2 тыс. км³ - вода в руслах рек; биологические воды в живых организмах составляют 1 тыс. км³. Подавляющая часть пресной воды на Земле находится в состоянии, труднодоступном для челове-

ка, а в пределах всех рек содержится одновременно лишь 0,006% всех пресных вод.

- В СНГ около 3 млн. рек, если включить в это число и водотоки длиной менее 10 км, суммарная длина всех рек, включая и самые малые, составляет приблизительно 9,6 млн. км, причем на долю рек длиной до 10 км приходится 5,6 млн. км, а на долю больших рек - 229 тыс. км.

- По основным показателям Амазонку следует признать величайшей рекой мира. Ее сток в океан составляет 16% стока всех рек мира. В России самая длинная река - Лена (4400 км), самый большой бассейн у Оби - 2290 тыс. км², самая водоносная река - Енисей (средний расход воды 19800 м³/с).

- Суммарные единовременные запасы воды в руслах рек мира оцениваются в 2115 км³, в т. ч. в руслах рек СНГ - 235 км³.

- Площадь всех озер (пресных и соленых) составляет примерно 2 млн. км², а объем воды в них равен 176400 км³, половина из них приходится на долю пресных вод. Байкал - самое глубокое озеро на Земле (1741 м) - содержит больше воды, чем все пресные озера земного шара (23000 км³).

- Общая площадь болот на земном шаре - приблизительно 3 млн. км², или 2% суши. Почти 60% болот расположено в СНГ. На остальных континентах болота занимают в среднем 2% территории, хотя в некоторых районах, например в Финляндии, они захватывают до 40% территории (Финляндия по-фински называется Суоми, т.е. «страна болот»), а в северной половине Западной Сибири даже 50-70%. Суммарный объем болотных вод мира составляет 11470 км³.

- Ледники покрывают 16 млн. км² суши, из них почти 14 млн. км² находится в Антарктиде и приблизительно 2 млн. км² в Гренландии. Объем воды, заключенный в ледниках всего земного шара, составляет около 24 млн. км³, из которых 22 млн. км³ - в Антарктиде. Общая масса распределенных по поверхности земного шара снега и льда достигает $2 \cdot 10^{22}$ т, от массы всей Земли это составляет всего 0,0004%, однако такого количества достаточно, чтобы покрыть всю поверхность планеты 53-метровым слоем. Если бы вся эта масса вдруг растаяла, превратившись в воду, то уровень Мирового океана поднялся бы по сравнению с нынешним примерно на 64 м.

- Все живые существа на Земле и растения содержат в своем организме в среднем 80% воды (по весу). Общая масса живого вещества биосферы равна 1400 млрд. т, масса биологической воды в ней 1120 млрд. т (1120 км³). Этот объем соизмерим с объемом всех рек Европы, Азии, Африки и Северной Америки.

- Без воздуха (кислорода) жизнь возможна, в таких условиях живут анаэробные организмы, без воды - нет.

• Воду, синтезированную в организмах человека и животных, называют «ювенильной». Кровь животных и человека по элементарному составу очень близка к составу океанической воды (табл. 9.5).

Таблица 9.5

Состав крови животных, человека и океанической воды

Компоненты	Содержание, % от суммы растворенных солей	
	в крови	в водах Мирового океана
Хлор	49,3	55,0
Натрий	30,0	30,6
Кислород	9,9	5,7
Калий	1,8	1,1
Кальций	0,8	1,2

• В земной коре до глубины 2000 м находится 23,4 млн. км³ подземных соленых и пресных вод. Пресные воды, как правило, залегают до глубины 150-200 м, ниже они переходят в солоноватые воды и рассолы. Высказывается предположение, что до глубины 200 м объем пресных подземных вод составляет 10,5 млн. км³ - это примерно в 100 раз больше, чем объем поверхностных пресных вод, содержащихся в озерах, руслах рек и болотах.

• Средний элементарный состав поверхностных вод суши отличается от среднего элементарного состава Мирового океана. В океане резко преобладает хлор и натрий, в речных и озерных водах - гидрокарбонаты кальция и магния (табл. 9.6).

Таблица 9.6

Состав речных вод

Анион	мг/л или г/т	ммоль/л	Катионы	мг/л или г/т	ммоль/л
HCO ₃	58,4	0,958	Ca ²⁺	15,0	0,375
SO ₄ ²⁻	11,2	0,117	Mg ²⁺	4,1	0,171
Cl ⁻	7,8	0,220	Na ⁺	6,3	0,059
NO ₃ ⁻	1,0	0,017	K ⁺	2,3	0,059
Сумма анионов	78,4	1,312	Сумма катионов	27,7	0,870
SiO ₄ ⁴⁻	13,1	0,218			

- Вода жесткостью менее 4 мг-экв./л называется мягкой, от 4 до 8 - средней жесткости, от 8 до 12 - жесткой, больше 12 мг-экв./л - очень жесткой.

- Одна тонна нефти способна покрыть тонким слоем площадь моря в 1200 га. К очень загрязненным морям, как по нефти, так и по другим загрязняющим веществам относятся: Средиземное, Северное, Балтийское. На планете самым грязным морем считается Японское.

- Современный город потребляет в расчете на одного человека 300-500 л воды ежедневно (при норме, равной 25 л, необходимой для удовлетворения нужд человека).

Большим потребителем пресной воды является сельское хозяйство. На земном шаре в настоящее время орошается около 230 млн. га земли. Гектар орошаемой земли ежесекундно «выпивает» 1 л воды, 1 га кукурузы за вегетационный период потребляет 3 млн. л воды, 1 га капусты - столько же, а 1 га ржи - от 12 до 30 млн. л воды.

- В системе глобального мониторинга к числу основных показателей качества вод отнесен ряд физико-химических характеристик: температура, рН, электропроводность, ХПК, общая щелочность, хлоросодержание, количество взвешенного вещества, коэффициент энергетического обмена бактерий.

- Вся Земля без атмосферы имеет объем 10^{21} м³ и массу 6×10^{24} кг. Вещество земной коры сложено в основном из легких элементов (по Fe включительно), а элементы, стоящие в периодической системе Д. И. Менделеева за железом, в сумме составляют лишь доли процента. Элементы, имеющие четное значение атомной массы, значительно преобладают в земной коре и составляют 86% общей массы.

- Земная кора сложена в основном из восьми элементов: кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, магния, натрия, калия; на долю остальных элементов приходится менее одного процента массы коры; среди главных по распространенности элементов особая роль в земной коре принадлежит кислороду. Его атомы составляют 47% массы коры и почти 90% объема важнейших породообразующих минералов.

- Среднее содержание свинца в гумусовом слое почв равно 9 мг/кг, а в полосе, прилегающей к шоссе, оно возрастает до 200 мг/кг. Вблизи шоссе содержание свинца в зернах пшеницы в 5-8 раз, а в клубнях картофеля - в 25 раз выше, чем на расстоянии 3 км от шоссе. Содержание свинца в рыбе, пойманной в близлежащих водоемах, втрое больше, чем в водоемах, находящихся вдали от шоссе,

- Остро стоит проблема полноты и комплексности использования полезных ископаемых. В среднем в стране используется лишь 5,5% горной массы, остальная - уходит в отвалы. Отсутствие технологии использования попутных газов приводит к тому, что их просто сжигают в факелах. Только в Западной Сибири в факелах сгорает 12 млрд. м³ попутных газов.

- Острейшей проблемой городов является утилизация твердого мусора, проблема свалок. Многие свалки имеют повышенный радиационный фон. Утилизация отходов - экологически опасная и дорогая мера; сжигание 1 т мусора обходится в 300 долларов.

- Отвалы занимают огромные территории в сотни тысяч га, при этом нарушается состояние равновесия поверхностных слоев литосферы; для восстановления 2-2,5 см слоя почвы необходимо от 300 до 1000 лет.

- К основным загрязнителям окружающей среды и их источникам относятся: углекислый газ - энергетика, промышленность, отопление; угарный газ - металлургия, нефтеперерабатывающая промышленность, транспорт; сернистый газ - энергетические и промышленные предприятия; оксиды азота - двигатели внутреннего сгорания, реактивные двигатели, домы, химическая промышленность; фосфаты - химические моющие средства, удобрения, сельское хозяйство; ртуть и ее соединения - отходы лакокрасочной промышленности, обогащение руд, целлюлозно-бумажная промышленность; соединения свинца - химическая промышленность, горнодобывающая промышленность, двигатели внутреннего сгорания, пестициды; нефть - нефтеперерабатывающая промышленность, перевозка по морю, сбросы, автотранспорт, авиатранспорт и др; пестициды - сельское хозяйство; радиоактивные вещества и их отходы - производство ядерного топлива, атомная энергетика.

9.4. Приложение 4

Таблица 9.7

Примерное число видов в наиболее важных группах животных

Группа	Число видов в мире
Простейшие (подцарство)	27000
Губки (тип)	5000
Кишечнополостные (тип)	9000
Плоские черви (тип)	16100
Круглые черви (тип)	23000
Моллюски (тип)	115000
Брюхоногие (класс)	85000
Двустворчатые (класс)	25000
Головоногие (класс)	600
Кольчатые черви (тип)	17000
Членистоногие (тип)	1000000
Паукообразные (класс)	30000
Ракообразные (класс)	20000
Насекомые (класс)	760000
Стрекозы (отряд)	4700
Тараканы (отряд)	3500
Прямокрылые (отряд)	15000
Полужесткокрылые, клопы (отряд)	73000
Жесткокрылые жуки (отряд)	350000
Перепончатокрылые (отряд)	100000
Чешуекрылые бабочки (отряд)	110000
Двукрылые (отряд)	85000
Иглокожие (тип)	6500
Позвоночные (подтип хордовых)	46500
Круглоротые и рыбы (3 класса)	20600
Земноводные (класс)	2500
Пресмыкающиеся (класс)	6300
Птицы (класс)	8600
Млекопитающие (класс)	3700

Продолжительность жизни различных животных

Не все приведенные здесь данные вполне достоверны. Некоторые животные достигают указанного в таблице возраста не в природных условиях, а в неволе. Цифры в скобках соответствуют продолжительности жизни домашних животных и диких животных в зоопарках. Точные данные о живущих в неволе птицах, подвергнутых кольцеванию, отмечены буквой К. Все данные без дополнительных указаний выражены в годах.

Д — дни, Н — недели, М — месяцы.

Таблица 9.8

Вид	Возраст
Беспозвоночные	
Актиния лошадиная	15
Актиния рода <i>Сереус</i>	66
Аскарида	5
Беззубка	9
Богомол обыкновенный	6
Виноградная улитка	>18
Голотурия, морская кубышка	10
Губки	50
Дафния, водяная блоха	108 Д
Дождевой (земляной) червь	10
Дрозофила, плодовая мушка	48 Д
Жемчужница пресноводная	100
Жужелица золотая	5
Каракатица (<i>Sepia</i>)	5
Клоп постельный	6 М
Коловратки	2—3 Д
Костянка (<i>Lithobkisl</i>)	5—6
Ланцетник	7 М
Ленточный червь	35
Мадрепоровый (каменистый) коралл	28
Морская звезда	5
Морской еж	7
Мука комнатная	76 Д
Нематода (обитающая в почве)	2—3 Н

Продолжение табл. 9.8

Вид	Возраст
Низшие ракообразные	6
Омар	45
Осьминог, спрут (<i>Octopus</i>)	2—3
Паук-птицеед	15
Пауки	20
Пиявка	27
Планария молочная	14 М
Прудовик	2—3
Пчела (матка)	5
Пчела (рабочая)	6 Н
Речной рак	20—30
Термиты («царица»)	25
Тридакна (род двустворчатых моллюсков)	60 - 100
Трихина (инкапсулированная)	30
Трихина (живущая в кишечнике)	5М
Устрица	12
Позвоночные	
Рыбы	
Гуппи	5
Золотая рыбка	41
Камбала морская	30
Карп (одомашненная форма сазана)	70—100
Китовая акула	7
Кумжа, лосось-таймень (пресноводная форма)	18
Морской конек	5
Осетр атлантический	152
Рогозуб (<i>Neoceratodus barsteri</i> , Австралия)	18
Сельдь	20
Семга	13
Скумбрия	20
Угорь речной	88
Щука	60—70
Земноводные	

Продолжение табл. 9.8

Вид	Возраст
Аксолотль (неотеническая личинка тигровой амбистомы)	>24
Жаба обыкновенная	40
Квакша	22
Саламандра исполинская	55
Саламандра огненная (пятнистая)	43
Тритон обыкновенный	28
Пресмыкающиеся	
Аллигатор миссисипский	66
Анаконда	31
Боа, обыкновенный удав	40
Веретеница	33
Гаттерия, туатара	100
Гремучая змея	19
Настоящая ящерица рода Lacerta	5 - 8
Очковая змея	28
Черепаша болотная (Emys)	120
Черепаша сухопутная (Testudo)	137
Птицы	
Аист	70 – 100; 2 К
Баклан большой	21; 18 К
Воробей домовый	23
Ворон	69
Ворона	118; 20 К
Гагара краснозобая	23 К
Голубь	35
Гусь	31 (50)
Дрозд черный	18; 10 К
Жаворонок	8 К
Журавль	62
Зяблик	29
Какаду	100
Канарейка	24 (34)

Продолжение табл. 9.8

Вид	Возраст
Колибри	8
Кондор	65
Крапивник	5
Кукушка	40
Кулик-сорока	29
Курица	30
Ласточка	16 К
Лебедь	30
Малиновка, зарянка	11 К
Орел	60 – 80; 21 К
Пеликан	50 - 60
Пингвин	26
Сарыч	24 К
Синица большая	9
Сип белоголовый	118
Сипуха	14 К
Скворец	20 К
Славка садовая	24
Сова	60—70
Сорока	25
Стервятник	101
Страус	62
Стриж черный	21 К
Утка	25, 20 К
Фазан	27
Филин	68
Цапля серая	60, 24, 5 К
Чайка серебристая	44; 32
Чомга, большая поганка	23
Млекопитающие	
Бегемот	54
Белка	12
Белый медведь, ошкуй	41

Продолжение табл. 9.8

Вид	Возраст
Бизон	30
Бобр	20—25
Бурый медведь	47
Верблюд двугорбый, бактриан	29
Верблюд одногорбый, дромедар	28
Волк	14
Гиббон	23
Горилла	60
Дельфин	25—30
Еж	14
Ехидна	49
Жираф	34
Заяц-русак	8
Зебра	38
Землеройки	1,5
Кабан (дикая свинья)	20—30
Капуцин (род цепкохвостых обезьян)	41
Кенгуру	30
Кит	100
Коза	20
Козел альпийский (<i>Capra ibex</i>)	30
Косуля	15
Кошка	35
Кролик	30
Крот	3—4
Крупный рогатый скот	20—25
Крыса	3
Лама	15
Лань	25
Лев	30
Лисица	14
Лось	25
Лошадь	40—50 (—61)

Продолжение табл. 9.8

Вид	Возраст
Морская свинка	15
Морской лев	28
Мул	45
Мышь	4
Мышь лесная	10 М
Носорог	45
Ночница	24
Овца	20
Олень	30
Орангутанг	59
Осел	100
Павиан	35
Подковонос (летучая мышь)	24
Свинья	27
Северный олень	16
Серна	25—30
Слон	70
Собака	15—20
Соня-полчок	9
Тевяк, тюлень серый или длинномордый	42
Тигр	30
Тюлени настоящие	26
Хомячок золотистый (сирийский)	4
Человек	118
Шимпанзе	50

Таблица 9.9

Продолжительность зимней спячки (зимнего оцепенения или зимнего покоя) у некоторых акклиматизированных позвоночных

Вид	Продолжительность зимней спячки, месяцы
Белка	2—3,5
Веретеница	4—5
Гадюка обыкновенная	4—5
Еж	3—4
Жаба обыкновенная	4—5
Квакша обыкновенная, древесница	5—6
Летучая мышь	5—6
Лягушка травяная	4—5
Соня орешниковая, мушловка	6—7
Соня-полчок	6—7
Сурок	5—6
Тритон обыкновенный	3—4
Уж обыкновенный	4—5
Хомяк обыкновенный	2—3,5
Ящерица живородящая	5—6
Ящерица прыткая	5—6
Ящерица стенная	5—6

Таблица 9.10

Ежедневная потребность в пище

Данные в процентах от массы тела. Животные расположены в порядке возрастания потребности в пище, которая связана с основным обменом

Вид	Потребность в пище, % от массы тела животного
Анаконда	0,013
Слон индийский	1,0
Медведь	2,0
Тигр	2,8
Лев	2,9
Крупный рогатый скот	3,0
Курица	3,5
Сарыч	4,5
Сыч домовый	6,5
Пустельга	8
Дрозд певчий	10
Скворец	11,9
Королек	18
Ласка	25
Лазоревка	30
Мышь	40
Крот	100
Землеройка	100
Колибри	200
Бурозубка малая, землеройка-малютка	200

Предпочтительная (оптимальная) температура окружающей среды для некоторых животных

Предпочтительной считается температура, при которой животное любит находиться и к которой активно стремится

Вид	Предпочтительная температура, °С
Беспозвочные	
Блоха собачья	38
Вошь платяная	32,5
Жужелица зернистая	30
Клоп постельный	33
Кузнечик	40,7
Ледничник зимний (<i>Bereus hiemalis</i>)	9,8
Оса (матка)	38,1
Оса (работница)	35,4
Плавунец окаймленный	25
Пяденица зимняя	6
Рак речной (<i>Cambarus</i>)	25
Сверчок полевой	37
Скакун (<i>Cicindela</i>)	44
Туфелька (инфузория рода <i>Parame-CLum</i>)	23—25
Уховертка	32
Позвоночные	
Аллигатор миссисипский	32—35
Веретеница	28,4
Гадюка обыкновенная	33
Геккон (<i>Tarentola</i>)	38
Гуппи	24,6
Жаба обыкновенная	27,9
Золотая рыбка, серебряный карась	18,6
Морская свинка	36
Мышь домовая	37

Продолжение табл. 9.11

Вид	Предпочтительная температура, °С
Полевка водяная, водяная крыса	29
Полевка обыкновенная	35
Сазан, карп	21,3
Уж обыкновенный	34,3
Форель радужная	10,5
Хамелеон	45
Черепаша исполинская	28—33
Черепаша средиземноморская (греческая)	25—33
Ящерица морская	22—27
Ящерица прыткая	38,8

Таблица 9.12

Расстояния, покрываемые птицами при перелетах

Данные соответствуют перелету с возвращением

Вид	Длина перелета, км
Скворец	1400
Дрозд певчий	2600
Чибис	3000
Перепел	5000
Каменка гренландская	5000
Бекас японский	5000
Славка гремящая	6000
Журавль	6500
Кукушка	9500
Ласточка домашняя	10000
Аист	10000
Копчик амурский	10000
Хрустан, глупая сивка	12000
Ржанка бурокрылая	15000
Гагара короткохвостая	17500
Кулик-дутьш	20000
Крчка полярная	20000

Таблица 9.13

Максимальный возраст различных растений
 Названия растений расположены в порядке увеличения
 их максимального возраста

Вид	Возраст (лет)
Плаун	7
Щитовник дубравный (папоротник)	7
Кукушкин лен (мох)	10
Черника	25
Ключ-травя, гроздовник полулунный (папоротник)	30
Вереск	42
Цикламен	60
Рябина	80
Дриада	100
Лещина	120
Береза	120
Виноград	130
Граб	150
Ива козья	150
Осина	150
Яблоня	200
Клен ложноплатановый (белый), явор	200
Груша	300
Вишня	400
Роза собачья	400
Грецкий орех	400
Плющ	440
Можжевельник	500
Сосна	500
Ель	500
Вяз	500
Лиственница	600
Клен остролистный (платановидный)	600

Продолжение табл. 9.13

Вид	Возраст (лет)
Маслина, олива	700
Каштан посевной (европейский, благородный)	700
Бук лесной	900
Ель	1100
Сосна кедровая европейская, кедр европейский	1200
Кедр настоящий	1300
Платан	1300
Дуб	1300
Липа	1900
Инжир (<i>Ficus religiosa</i>)	2000
Мамонтово дерево	4000
Сосна долговечная	4600

Глубина проникновения корней растений в почву
 Растения расположены в порядке возрастания глубины проникновения
 корней

Вид	Глубина проникновения корней, м
Одуванчик	0,30
Морозник	0,35
Молочай кипарисовый	0,50
Цинанхум лекарственный	0,60
Вьюнок полевой	1,00
Дрок красильный	1,00
Колючник бесстебельный	1,00
Колокольчик	1,20
Бобы конские	1,70
Пшеница яровая	1,90
Рожь	2,00
Горох	2,10
Люпин белый	2,10
Клевер красный	2,10
Ячмень	2,60
Овес	2,60
Пшеница озимая	2,80
Рапс озимый	2,90
Лесные деревья	6—10
Виноград	12—16
Пустынные растения	10—20

Таблица 9.15

Длительность прорастания семян некоторых растений и температуры, оптимальные для прорастания

В тех случаях, когда указаны две температуры прорастания, разделенные тире, это означает, что для растения предпочтительна суточная смена температур (в течение 16 час. более высокая и в течение 8 час. более низкая температура).

Растение	Длительность прорастания, сутки	Температура прорастания, °С
Бобы конские	4—14	20
Василек	4—8	15
Гвоздика турецкая	8	20
Горох	5—8	20
Капуста цветная	3—10	20—30
Конопля	3—7	20—30
Кукуруза	4—7	25
Лук	6—10	20
Люпин	4—10	20
Морковь	6—21	20—30
Настурция	14	18
Незабудка	5—12	20
Овес	5—10	15
Одуванчик	7—21	20—30
Петрушка	11—28	20—30
Подсолнечник	3—7	20—30
Пшеница	4—7	15
Рожь	4—7	15
Салат	7	20
Свекла столовая	3—10	20—30
Спаржа	7—21	30—30
Табак	7—14	20—30
Томат	5—14	20—30
Тыква	4—7	20—30
Фиалка	12	20—30

Продолжение табл. 9.15

Растение	Длительность прорастания, сутки	Температура прорастания, °С
Хрен	4—6	20
Чечевица	7—12	20
Шалфей луговой	4—12	20—30
Шпорник	10—21	15
Ячмень	4—7	15

Таблица 9.16

Годовое количество семян у некоторых растений

Растения расположены в порядке возрастания количества семян за год

Растение	Количество семян	Растение	Количество семян за год
Кокосовая пальма	70	Звездчатка средняя	15000
Редька полевая	160	Водяк полевой	19000
Яснотка пурпурная	200	Лебеда	20000
Куколь посевной	200	Мак самосейка	20000
Паслен черный	500	Лабазник	34000
Вьюнок полевой	550	Чистотел	36000
Незабудка средняя	700	Крестовник	40000
Анхуза	900	Белена	45000
Ярутка полевая	900	Мать – и – мачеха	60000
Лютик ползучий	900	Пастушья сумка	64000
Горчица полевая	1200	Мелколепестник	120000
Василек голубой	1500	Ромашка непахучая	210000
Фиалка трехцветная	2500	Галинсога	300000
Гулявник аптечный	2700	Табак	360000
Колокольчик репчатовидный	3000	Полынь	700000
Морковь дикая	4000	Будлея	2000000
Одуванчик	5000	Тополь черный, Осокорь	28000000

10. КРАТКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

Как и любая наука, экология использует богатый набор терминов, определений, понятий. Владение этим набором - необходимое условие успешного изучения экологии.

Абиотические факторы - компоненты и явления неживой природы, которые прямо или косвенно воздействуют на организмы (например, физические или химические характеристики среды, климатические или географические условия).

Австралопитек (от лат. australis - южный + греч. pithekos - обезьяна) - ископаемая человекообразная обезьяна, передвигавшаяся на двух ногах, дальний предок или форма, близкая к предкам эволюционной линии, ведущей к современному человеку. Остатки А. найдены в Южн., Вост. и Центр. Африке. Древность остатков около 3,8 млн. лет.

Автотрофное питание [греч. 'авто' - сам; 'трофе' - пища, питание] - самостоятельное питание, основывается на преобразовании неорганических веществ - воды, азота, фосфора углекислого газа - в органические с помощью солнечной энергии в процессе фотосинтеза. Этот тип питания присущ автотрофам - зеленым растениям и некоторым бактериям.

Автотрофность человечества — понятие, предложенное В.И. Вернадским, согласно которому в будущем увеличившееся человечество из-за нехватки ресурсов органической пищи вынуждено будет перейти на тип питания, свойственный автотрофам.

Автотрофы — организмы, способные синтезировать органическое вещество из диоксида углерода, воды и минеральных солей. Источниками энергии для биосинтеза служат свет (у фотоавтотрофов) или окисление ряда неорганических веществ (у хемоавтотрофов).

Агрессия – форма связей, характеризующаяся истреблением особей своего вида.

Агроценоз — сообщество организмов, культивируемых и сопутствующих им в сельском хозяйстве.

Адаптация [позднелат. 'адаптацио' - приспособление] - процесс приспособления организмов к определенным условиям среды. В этом процессе у организмов возникают и развиваются конкретные свойства, которые позволяют выжить и размножиться в изменившейся среде.

Предельной границей адаптации является порог экологической устойчивости биологических систем. Превышение этого порога приводит к патологии и необратимому разрушению любых биосистем вплоть до биосферы планеты Земля.

Азотобактерии – группа аэробных свободноживущих бактерий, способных фиксировать азот из воздуха.

Азотфиксация – процесс химического превращения атмосферного газообразного азота в нитраты или аммиак, которые могут использоваться

растениями для синтеза аминокислот и других азотсодержащих органических молекул.

Акклиматизация — приспособление организмов к измененным климатогеографическим условиям существования.

Акклимация — индивидуальная (физиологическая) адаптация.

Акселерация – резкий рост и созревание особей, а также увеличение их размеров. В человеческом обществе происходит под влиянием комплекса факторов окружающей среды.

Алармизм — акцентирование общественного внимания на тревожных (негативных, катастрофических, кризисных) актуальных и потенциальных последствиях научно-технического прогресса; экологический алармизм зачастую абсолютизирует возможность катастрофических последствий воздействий современной цивилизации на биосферу.

Аллелопатия – химические взаимовлияния между растениями в сообществе, оказывающее на организмы либо токсическое, либо стимулирующее действие.

Аменсализм — тип межвидовых отношений, при котором в совместной среде один вид организмов подавляет существование другого вида, не испытывая противодействия.

Аминокислоты(а) - класс органических соединений, обладающих свойствами как кислот, так и оснований. В природе существует свыше 150 аминокислот. Около 20 из них служат важнейшими мономерными блоками-звеньями, из которых построены все белки. Химическое соединение нескольких аминокислот в одно целое называется пептидом, а соединение из большого числа аминокислот - полипептидом.

Анабиоз — временная полная приостановка жизнедеятельности организма, связанная с наступлением неблагоприятных условий или с особой фазой индивидуального развития.

Анаэробы – организмы, способные жить и развиваться в бескислородной среде.

Анемохория – расселение организмов с помощью воздушных потоков.

Антибиотики – вещества микробного, животного или растительного происхождения, могущие подавлять жизнеспособность микроорганизмов.

Антропогенез — исторический процесс происхождения, возникновения и развития человека.

Антропогенные (антропические) факторы [греч. 'антропос' - человек] - факторы, обязанные своим происхождением деятельности человека. Воздействие на экосистемы человека как биологического вида можно было бы отнести к биотическим факторам, однако в результате его деятельности в среду поступают, например, тысячи разных химических соединений, со многими из которых природа ранее не сталкивалась, поэтому такого рода воздействие можно приравнять к появлению мощных и разнообразных

абиотических факторов.

Ареал [лат. 'ареа' - площадь, пространство] - область распространения:

- любой систематической группы организмов - вида, рода, семейства и т.п.;

- определенного типа биотических сообществ или экосистем любого иерархического ранга (например, экосистем тропических лесов, арктических тундр и т.п.).

Аридный – определение природных зон, ландшафтов, формирующихся в условиях жаркого климата.

Ассимиляция — усвоение организмом поступающих из окружающей среды веществ в процессе роста и развития, их уподобление веществам организма.

Атавизм — проявление у организма свойств и признаков, характерных для далеких предков.

Аутоэкология — экология отдельных особей данного вида; экология вида.

Афотобиосфера – часть биосферы, куда не проникают солнечные лучи (в пределах гидросферы и литосферы).

Аэроб – организм, способный жить и развиваться в среде свободного кислорода, который они используют в качестве окислителя.

Аэрозоль – взвешенные в газообразной среде частички твердых или жидких веществ (с жидкими частицами – туман, с твердыми – дым).

Аэропланктон – организмы, пассивно переносимые потоками воздуха.

Барьер экологический — полоса территории, которая, благодаря особенностям естественного или созданного ландшафта (санитарно-защитная зона), может служить препятствием для распространения техногенных загрязнений.

Безопасность экологическая — степень защищенности территориального комплекса, экосистемы, человека от возможного экологического поражения, определяемая величиной экологического риска.

Белок (протеин) - высокомолекулярное органическое соединение, построенное из остатков 20 аминокислот. С химической точки зрения белок - это нерегулярные полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. Белок участвует практически во всех процессах жизнедеятельности всех организмов. Белки чрезвычайно разнообразны, например, в организме человека насчитывается свыше 10 млн. различных белков.

Бенталь – дно океана как среда обитания донных организмов (бентоса).

Бентос – совокупность растений (фитобентос) и животных (зообентос), ведущих донный образ жизни.

Биоаккумуляция — накопление веществ (техногенных загрязнителей) в организмах возрастающих трофических уровней.

Биоген — питательное вещество; биогены, биогенные элементы — незаменимые химические элементы, из которых состоит вещество живых организмов, — углерод, водород, кислород, азот, сера, фосфор.

Биогеохимический цикл — круговорот химических элементов из неорганических соединений через растительные и животные организмы (органические вещества) вновь в исходное состояние. См. Биотический круговорот.

Биогенное вещество [греч. 'генос' - часть сложных слов, указывающая на то, что слово связано с происхождением чего-то от чего-то или на характер этого происхождения] - вещество, которое возникло в результате разложения остатков организмов, но еще не полностью минерализовано (например, уголь, нефть, битумы, и др.).

Биогеохимия — наука, изучающая круговорот химических элементов в биосфере.

Биогеоценоз [греч. 'ге', гео - Земля] - участок земной поверхности, где на известном протяжении биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, литосферы, гидросферы и педосферы остаются однородными и имеющими однородный характер взаимодействия между ними и поэтому в совокупности образующими единый, внутренне обусловленный комплекс [педосфера: греч. 'педон' - почва].

Биогеоценоз иногда определяют как совокупность биоценоза и занятого им биотопа, т.е. термин "биогеоценоз" в этом случае используется как синоним термина "экосистема", однако эти понятия не совсем совпадают, так как понятие экосистемы является более общим по сравнению с биогеоценозом. Биогеоценоз всегда связан с определенной частью земной поверхности ("ге" - Земля), а экосистемой может быть любая система живых и неживых компонентов: и космический корабль, и любой биогеоценоз.

Биоиндикатор (от греч. bios - жизнь + лат. indikator - указатель) - группа особей (или сообществ) растений и животных, по наличию и состоянию которых, а также поведению судят об изменениях в окружающей среде.

Биоиндикация — использование особо чувствительных организмов для обнаружения загрязнителей или других агентов в окружающей среде.

Биоинтервал фактора — участок диапазона изменений (градиента) какого-либо количественного фактора среды, в пределах которого возможно существование организма данного вида.

Биокосное вещество [греч. 'биос' - жизнь] - структура из живого и косного вещества, которая создается одновременно косными процессами и живыми организмами (например, почва).

Биологическая потребность в кислороде (БПК) — показатель качества воды; количество растворенного кислорода, которое смогут потребить живые организмы в процессе разложения присутствующего в воде органического вещества. Чем выше БПК, тем ниже качество воды.

Биологическая продукция [лат. 'продуко' - произвожу, создаю] - биомасса, производимая популяцией, сообществом, экосистемой. Различают первичную продукцию, которую образуют продуценты в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, и вторичную, которую производят все консументы и редуценты. Если рассмотреть последовательность трофических уровней, то окажется, что продукция следующего трофического уровня обычно меньше 10% от продукции предыдущего. Это явление связано с переносом энергии от уровня к уровню: на каждом уровне 90% и более составляет энергия, неиспользованная, неусвоенная, а также израсходованная на дыхание.

Биологическая система [греч. 'система' - целое, составленное из частей] - динамически саморегулирующееся и, как правило, саморазвивающееся и самовоспроизводящееся биологическое образование любой сложности (от макромолекулы до такой глобальной экологической системы, какой является наша планета Земля).

Биом [лат. ...ома - окончание, обозначающее какую-либо совокупность] - совокупность видов живого и среды их обитания, составляющая экосистему в определенной ландшафтно-географической зоне (например, биом листопадного леса, т.е. биом, характеризующийся лесами, сбрасывающими листву осенью).

Биомасса [лат. 'масса' - ком, кусок] - количество живого вещества тех или иных организмов (популяций, видов, группы видов, сообществ в целом), выраженное в единицах массы (веса) или энергии и приходящееся на единицу площади или объема какого-либо биотопа вплоть до экосферы планеты. В единицах массы этот термин относится к сырому или сухому состоянию живого вещества. Биомассу растений называют фитомассой, животных - зоомассой. Биомасса может быть как живой, так и мертвой (например, древесина, кора деревьев).

Биосфера [греч. 'био' - жизнь; 'сфера' - шар] - область существования и функционирования живого вещества и само это вещество. Эта область охватывает аэробiosферу (нижняя часть атмосферы - газообразной оболочки Земли - до озонового слоя, примерно 25 км), гидробиосферу (это вся гидросфера - совокупность всех вод Земли) и литобиосферу (верхние слои литосферы - твердой оболочки Земли - до 3 км). Таким образом, термин и понятие "биосфера" включает в себя как живые организмы, так и среду их обитания [греч. 'атмос' - пар; 'аэр' - воздух; 'хидор' - вода, влага; 'литос' - камень].

Известны по крайней мере два необходимых условия для существования биосферы:

- наличие воды в жидком состоянии;
- наличие лучистой энергии Солнца, которая используется для синтеза биомолекул в процессе фотосинтеза.

Биота [греч. 'биота' - жизнь] - совокупность живых организмов (рас-

тений и животных), объединенных общей областью распространения. В отличие от понятий "биоценоз" и "биом", биота не подразумевает экологических связей между видами. Иногда биотой называют любую совокупность живых организмов (например, биота леса, биота скал и т.п.).

Биотические факторы - совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую компоненту среды обитания (например, хищник поедает жертву, отмершие листья деревьев образуют опад, который служит местом обитания и пищей многих организмов).

Биотический круговорот — круговорот биогенных элементов и вовлекаемых им других веществ в экосистемах, в биосфере между их биотическими и абиотическими компонентами. Важнейшей чертой биосферного биотического круговорота является высокая степень замкнутости.

Биотический потенциал — 1) совокупность свойств популяции, вида, определяющих возможность увеличения численности и области распространения в данных условиях; 2) то же, что и репродукционный потенциал.

Биотоп [греч. 'топос' - место] - относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство в пределах водной, наземной и подземной частей биосферы, занятое одним биоценозом (например, биотоп пруда, биотоп гнилого дерева).

Биохора (от греч. bios - жизнь + chora - пространство) - территориальное подразделение биосферы, охватывающее группу пространственно объединенных биотопов. Б. разной размерности образуют определенный иерархический ряд.

Биоценоз [ценоз: гр. 'кайнос' - новый, общий] - взаимосвязанная совокупность микроорганизмов, грибов, растений и животных, населяющих более или менее однородный участок суши или водоема и приспособленных к условиям окружающей их среды (например, биоценоз озера, соснового леса и т.п.).

Биоценоз (сообщество) в совокупности с биотопом (т.е. неживыми компонентами среды), с которым он взаимодействует, составляет экологическую систему.

Биоцентризм (эксцентризм) — воззрение, согласно которому (в противоположность антропоцентризму) а) научно-технический прогресс не уменьшает зависимость человека от экологических законов природы; б) решение экологических проблем не может быть сведено к охране окружающей среды; оно требует перестройки всех сфер поведения и деятельности людей, восстановления средорегулирующей функции биосферы.

Биоциды — вещества и другие агенты, подавляющие жизнедеятельность и размножение организмов.

Бифуркация — раздвоение; точка бифуркации — пункт и момент выбора одного из нескольких возможных путей развития, эволюции системы, предсказательная информация о которых отсутствует.

Болезнь МИНАМАТЫ — болезнь, названная в память о японской рыбацкой деревне, где впервые была отмечена её «эпидемия». Симптомы: судороги, умственная отсталость, кома, в итоге – летальный исход, а в случае выживания — врожденные физические дефекты потомства; как оказалось – ртутное отравление.

Брожение - анаэробный ферментативный окислительный процесс превращения органических веществ, посредством которого организмы получают энергию, необходимую для их жизнедеятельности. Брожение эволюционно более ранняя и энергетически менее рациональная форма получения энергии из питательных веществ по сравнению с кислородным окислением. К брожению способны животные, растения и микроорганизмы. Некоторые бактерии, микроскопические грибы и простейшие живут исключительно за счет брожения.

Буферная емкость почвы (англ. buff - смягчать толчки) - способность почвы регулировать её кислотные свойства (концентрацию водородных ионов, определяемую по шкале pH). Защитить почву от изменений pH может буфер - вещество, способное поглощать ионы водорода. Когда в почву, содержащую буфер, добавляют кислоту, дополнительные ионы водорода им поглощаются и pH остается практически неизменным. В качестве буфера в большинстве случаев выступает карбонат кальция (CaCO_3); реакция ионов водорода с карбонат-ионами дает воду и углекислый газ.

Валентность экологическая (пределы толерантности) — характеристика способности вида, популяции существовать в различных условиях среды.

Валовой национальный продукт (ВНП) — суммарная рыночная стоимость всех товаров и услуг, произведенных в стране за год.

Вещество — все, что имеет объем и массу: газ, жидкость, твердое тело.

Вещество антропогенное — химическое соединение, включенное в геосферу благодаря деятельности человека.

Вещество биогенное — химическое соединение, возникшее в результате жизнедеятельности организмов (но не обязательно входящее в состав их тел).

Вещество живое — совокупность тел живых организмов, населяющих Землю, вне зависимости от их систематической принадлежности.

Вещество природное — любое химическое соединение или элемент, которые возникают в ходе спонтанно идущих химических реакций физических процессов и естественно входят в природный круговорот веществ.

Взаимоотношения организма и среды — влияние абиотической и биотической сред на организм и обратное воздействие.

Вид - совокупность популяций особей, которые имеют общий генофонд, обладают общими морфологическими признаками, занимают определенный ареал, свободно скрещиваются между собой в природных условиях и дают плодовитое потомство.

Водопотребление — это потребление водных ресурсов для удовлетворения нужд населения, промышленности и сельского хозяйства.

Взвеси — категория загрязнителей воздуха: видимые частицы дыма или тумана; материал, содержащийся в воде, воздухе или переносимый ими, держится в их толще, только когда она перемешивается, и оседает, если перемешивание прекращается.

Витамин — особая органическая молекула, необходимая организму в малом количестве, но не синтезируемая им самим и поэтому относящаяся к незаменимым компонентам пищи.

Возобновляемые ресурсы — биологические ресурсы, например деревья, которые восстанавливаются в результате размножения и роста. Однако требуется их охрана для предотвращения чрезмерной эксплуатации и изменения условий, необходимых для их существования.

Вторичные продукты (при загрязнении воздуха) — загрязнители, не выбрасываемые в воздух непосредственно, а образующиеся из поступающих соединений в результате различных реакций.

Второе начало термодинамики — закон природы, согласно которому при любом превращении энергии, например, электричества в свет, часть её теряется системой в виде тепла, всегда переходящего от более тёплого объекта к более холодному (рассеивание в среде). Поскольку, согласно первому началу термодинамики, энергия не возникает из ничего, для работы любой системы необходим приток её энергии извне.

Второй основной принцип функционирования экосистем - экосистемы существуют за счет солнечной энергии, которая доступна в избытке, неисчерпаема и не загрязняет среду.

Выветривание — постепенное разрушение горных пород на все более мелкие части под действием физических, химических и биологических факторов.

Газоустойчивость – способность организмов и биотических сообществ (а также технических устройств) выдерживать относительно большие концентрации летучих веществ, обычно входящих в состав воздуха.

Газы парниковые — газообразные вещества, попадающие в атмосферу и создающие парниковый эффект: углекислый газ, метан, летучие углеводороды и др.

Галофилы – животные, приспособившиеся к жизни на засоленных почвах.

Гелиофиты – световые виды растений, обитающие на открытых местах с хорошей освещенностью.

Ген [греч. ген - род, происхождение] - единица генетической информа-

ции (наследственного материала), представляет собой определенный участок молекулы ДНК у высших организмов и РНК у вирусов.

Генерация – рождение, происхождение. Все непосредственное потомство особей предыдущего поколения.

Генотип - совокупность всех генов организма, наследственная материальная основа организма, совокупность всех наследственных задатков особи.

Генофонд [франц. 'фонд' - основание] - совокупность генотипов всех особей популяции, группы популяций или вида.

Геобионты – животные, постоянно обитающие в почве.

Геобиосфера – верхняя часть земной коры (литосфера), населенная геобионтами.

Геоксены – животные, иногда посещающие почву для временного укрытия или убежища.

Геофилы – животные, часть цикла развития которых (чаще одна из фаз) обязательно проходит в почве.

Гербицид – вещество, убивающее или подавляющее рост сорных растений.

Гетеротрофное питание [греч. 'гетерос' - иной, другой] - питание уже готовыми органическими веществами. Такой тип питания присущ гетеротрофам - в основном животным и большинству микроорганизмов.

Гетеротрофы — организмы, питающиеся готовыми органическими веществами.

Гигрофиты – растения, обитающие во влажной среде, не переносящие водного дефицита и обладающие невысокой засухоустойчивостью.

Гидробиосфера – глобальный мир воды (водная оболочка Земли без подземных вод), населенный гидробионтами.

Гидросфера – совокупность всех вод Земли: материковых (глубинных, почвенных, поверхностных), океанических, атмосферных.

Гидрофиты – водные растения, прикрепленные к грунту и погруженные в воду только нижними своими частями.

Гипобиоз — значительное снижение уровня жизнедеятельности при наступлении неблагоприятных внешних условий (например, при зимней спячке животных).

Глобальное потепление — повышение средней температуры атмосферы и гидросферы в масштабах планеты, вызванное техногенными факторами.

Гомеостаз [греч. 'хомойос' - подобный, одинаковый; 'стасис' - остановка, застой] - состояние динамического (подвижного) равновесия (постоянного и устойчивого неравновесия) природной системы, которое поддерживается приспособительными реакциями, регулярным возобновлением основных ее структур, вещественно-энергетического состава и внутренних свойств, а также постоянной саморегуляцией во всех звеньях

системы. Гомеостаз характерен и необходим для всех природных систем - от космических до организма и атома. Направлен гомеостаз на ограничение воздействий внешней и внутренней среды на систему как целое, на сохранение относительного постоянства структуры и функций в системе. Для экосистем часто употребляют термин экологическое равновесие (динамическое).

При изменении факторов окружающей среды у вида, популяции, организма возникает альтернатива: вымереть или адаптироваться к изменившейся среде, т.е. выжить.

Гормоны – природные соединения, контролирующие развитие, физиологические процессы и поведение организма. Вырабатываются внутри организма и влияют только на него, чем отличаются от феромонов. Используются, как и феромоны, в борьбе с вредителями.

Груз генетический — наличие и накопление в популяциях людей негативных генетических изменений, ведущих к увеличению частоты наследственных заболеваний.

Гумус – органическое вещество почвы, образующееся за счет разложения растительных, животных остатков и продуктов жизнедеятельности организмов.

Гуттация – выделение воды у растений через специальные выделительные клетки, расположенные по краю или на острие листа.

Давление отбора – воздействие средовых факторов, приводящее к преимущественному выживанию и размножению особей, отличающихся определенными признаками от большинства членов популяции. При этом изменяется её генофонд. Например, пестицидные обработки создают давление отбора, повышающее устойчивость популяции вредителя к данным пестицидам.

Дезадаптация — нарушения жизнедеятельности организма, вызванные неполнотой акклимации, невозможностью полностью приспособиться к изменившимся условиям среды.

Демографический взрыв — резкое увеличение скорости роста и численности населения Земли в XX в.

Демографический переход — смена типов воспроизводства населения (соотношений между рождаемостью и смертностью), постепенно приводящая к стабилизации численности.

Демэкология — экология популяций, в центре внимания которой находятся вопросы динамики численности.

Депопуляция — уменьшение численности популяции, населения.

Деструкторы — организмы, разрушающие органические вещества до простых, вплоть до неорганических соединений (синоним - редуценты).

Детериорация — ухудшение, порча земли или других природных объектов; процесс, противоположный мелиорации.

Детоксикация — процесс обезвреживания внутри биологической системы попавших в нее вредных веществ.

Детрит — мертвое органическое вещество, продукты выделения и распада организмов.

Детритофаги — организмы, питающиеся детритом (синоним - сапрофаги).

Диссимиляция — распад сложных органических веществ в организме, сопровождающийся освобождением энергии, которая используется в процессах жизнедеятельности.

Дичеводство — рациональное использование человеком определенной части популяций диких животных, численность которых контролируется и приумножается.

ДНК - дезоксирибонуклеиновая и РНК - рибонуклеиновая кислоты — высокомолекулярные органические соединения. Нуклеиновые кислоты присутствуют в клетках живых организмов, выполняют важнейшие функции по хранению и передаче генетической информации и участвуют в механизмах, при помощи которых эта информация реализуется в процессе синтеза клеточных белков. В организме нуклеиновые кислоты находятся в свободном состоянии и в комплексе с белками (нуклеопротеиды).

Доминанты — преобладающие в фитоценозах виды растений.

Дрейф генов — процесс случайного ненаправленного изменения чистоты генов (аллелей) в популяции.

Дыхание - совокупность физико-химических и физиологических процессов, протекающих в организме, в ходе которых обеспечивается поступление кислорода и удаление углекислого газа (внешнее дыхание), а также использование кислорода клетками и тканями для окисления органических веществ: у животных - белков, жиров и углеводов, у растений - главным образом, углеводов (клеточное, или тканевое дыхание); при этом происходит освобождение энергии, необходимой для их жизнедеятельности.

Большинство организмов являются аэробами - они используют для дыхания кислород воздуха, и меньшинство - анаэробами, которые получают необходимый для жизни кислород путем расщепления кислородосодержащих органических соединений (т.е. в ходе брожения).

Ёмкость среды — количественная характеристика совокупности условий, ограничивающих рост численности популяции.

Ёмкость территории демографическая — обобщенная количественная характеристика условий данной территории, ограничивающая допустимую численность населения.

Ёмкость экосистемы — максимальный размер популяции одного вида, который данная экосистема способна поддерживать в определенных экологических условиях на протяжении длительного времени.

Естественный отбор - процесс дифференцированного (неслучайно-

го, избирательного) выживания и воспроизведения организмов в ходе эволюции, при этом популяции постепенно приобретают новые признаки, что приводит к образованию новых видов. Роль отбирающего фактора играют условия среды. Процесс естественного отбора является суммой 2-х слагаемых: создания изменчивости и отбора, происходящего путем выживания одних особей и гибели других в борьбе за существование. В результате выживают и оставляют после себя потомство преимущественно особи с полезными в данных условиях наследственными изменениями.

Живое вещество - совокупность тел живых организмов, населяющих планету Земля. Косное вещество - неживое вещество, образованное процессами, в которых живое вещество не принимало участия.

Жизненная форма организма – морфологический тип приспособления растения или животного к основным факторам местообитания и определенному образу жизни.

Заболевания экогенные (экологические) — заболевания, вызванные неблагоприятными экологическими условиями.

Закон больших чисел: совокупное действие большого числа случайных факторов приводит, при некоторых общих условиях, к результату, почти не зависящему от случая.

Закон константности количества живого вещества биосферы (В.И. Вернадский): количество живого вещества (биомассы всех организмов) биосферы для данной геологической эпохи постоянно.

Закон максимизации энергии и информации в эволюции: наилучшими шансами на самосохранение обладает система, в наибольшей степени способствующая поступлению, выработке и эффективному использованию энергии и информации.

Закон минимума (Ю. Либих): биотический потенциал (жизнеспособность, продуктивность организма, популяции, вида) лимитируется тем из факторов среды, который находится в минимуме, хотя все остальные условия благоприятны.

Закон необратимости эволюции (Л. Долло): эволюция необратима; организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков.

Закон оптимальности: любая система с наибольшей эффективностью функционирует в некоторых характерных для нее пространственно-временных пределах.

Закон развития системы за счет окружающей ее среды: любая система может развиваться только за счет материально-энергетических и информационных возможностей окружающей её среды; абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

Закон толерантности (В. Шелфорд): факторы среды, имеющие в конкретных условиях пессимальное (неблагоприятное — как минимальное, так и избыточное) значение, ограничивают возможность существова-

ния вида в данных условиях, вопреки и несмотря на оптимальное сочетание других отдельных условий.

Зона аридная — территория или природно-климатическая зона с малым естественным увлажнением — засушливая (полупустыни и пустыни).

Зона бореальная — зона лесов умеренного пояса.

Зона геопатогенная — пространство обитания, где сочетание неблагоприятных естественных факторов может вызвать заболевания у человека.

Зона гумидная — территория или природно-климатическая зона с высоким естественным увлажнением (например, дождевые тропические леса).

Зона санитарно-защитная — обычно часть территории, обладающая свойствами экологического барьера и пространственно разделяющая источники неблагоприятных экологических воздействий и возможные объекты этих воздействий.

Зона экологического бедствия — территория, где в результате техногенной или природной катастрофы возникла угроза экологического поражения людей из-за деградации естественной среды обитания.

Зоогамия – опыление растений млекопитающими.

Зооценоз — сообщество животных какого-либо биоценоза.

Зоофаги — плотоядные организмы, питающиеся животными других или своих видов (каннибализм).

Изменчивость - общее свойство организмов приобретать новые признаки, т.е. различия между особями в пределах вида.

Иммобилизация — обездвиживание, прекращение миграции веществ, уменьшающее их активность (например, в донных отложениях).

Императив экологический — обращенное к человеческому сообществу повеление, настоятельное требование (подобие нравственного закона) ограничить и остановить природогубительную экспансию и соизмерить антропогенное давление с экологической выносливостью биосферы.

Интродукция — случайный или преднамеренный перенос особей какого-либо вида растений или животных за пределы их ареала, в новые природно-климатические условия.

Информационное общество — стадия развития цивилизации, на которой преобладающей формой общественных связей становятся потоки информации, а материально-энергетические потоки минимизируются за счет экономии и высокой эффективности.

Искусственный отбор - сознательный и бессознательный отбор особей с нужными человеку хозяйственными признаками для последующего разведения. Благодаря искусственному отбору созданы все современные породы домашних животных и сорта сельскохозяйственных и декоративных растений.

В процессе эволюции органического мира выработались два типа питания - автотрофное и гетеротрофное и три группы организмов: проду-

центы, консументы и редуценты. Продуценты [лат. 'продуцентис' - производящий, создающий] - организмы - автотрофы, синтезирующие органические вещества из неорганических составляющих (зеленые растения, микроскопические водоросли и др.). Они составляют первое звено пищевой цепи и экологической пирамиды.

Каннибализм – пожирание особей своего вида.

Канцерогены — вещества или физические агенты, способные вызвать развитие злокачественных новообразований или способствовать их возникновению.

«Квартирантство» – использование одними видами других (их тел или их жилищ) в качестве убежища или жилища.

Квоты загрязнения среды - разрешенные долевые количества выбрасываемых в окружающую среду техногенных загрязнителей, устанавливаемые местными, национальными или международными нормативными актами.

Кислотные осадки - атмосферные осадки: дождь, снег, туман, содержащие техногенные примеси, из-за которых их кислотность превышает нормальный уровень, т.е. рН ниже 5,6.

Климакс—относительно стабильное состояние биоценоза (экосистемы).

Комменсализм — тип межвидовых отношений, сожительства (симбиоза), при котором в совместной среде организмы одного вида безответно получают пользу от присутствия организмов другого вида.

Конвергенция — внешнее сходство, возникающее у представителей разных неродственных групп и видов в результате сходного образа жизни.

Конкуренция – каждый из видов оказывает на другой неблагоприятное действие. Виды конкурируют в поисках пищи, укрытий, мест кладки яиц и т.п.

Консорция—совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биоценоза трофически или топически связана с центральным видом — автотрофным организмом.

Консументы [лат. 'консумо' - потребляю] - организмы-гетеротрофы, потребляющие готовые органические вещества, создаваемые продуцентами. Потребляя, консументы не доводят разложение органических веществ до простых минеральных составляющих. К группе консументов принадлежат все животные, включая человека, некоторые микроорганизмы, паразитические и насекомоядные растения. Отличают консументов первичных (первого порядка) и вторичных, которые делятся на консументов второго, третьего и последующих порядков. Первичные консументы - травоядные животные, паразитические растения, «травоядные» микроорганизмы - питаются продуцентами. Вторичные консументы питаются животной пищей: консументы второго порядка поедают растительноядных животных или паразитирующих на них; консументы третьего порядка поедают хищ-

ников и паразитов хищников и т.д.

Контаминационный эквивалент энергии — общая масса техногенных загрязнителей среды (с учетом их приведенной токсичности), приходящаяся на единицу потребленной энергии в данной технологии, отрасли производства.

Косное вещество — совокупность тех веществ в биосфере, в образовании которых живые организмы не участвуют.

Коэволюция — параллельная, совместная, сопряженная эволюция человечества и природы.

Криофиты — растения холодных и сухих местообитаний.

Ксенобиотики — вещества, чуждые природе, составу и обмену веществ живых организмов.

Ксерофиты — растения сухих местообитаний, способные переносить значительный недостаток влаги — почвенную и атмосферную засуху.

Кумуляция — скопление порций вещества, усиливающее его действие; суммирование вредных эффектов от действия вредных агентов.

Лимитирующий (ограничивающий) фактор - это фактор, сдерживающий развитие биологической системы из-за его недостатка или избытка по сравнению с потребностями. Понятие ведет свое начало от "принципа (закона) минимума", открытого немецким ученым Ю. Либихом (1803 - 1873). В современной трактовке закон минимума утверждает следующее: "Лимитирующим фактором процветания биосистемы может быть как минимум, так и максимум экологического фактора; диапазон между минимумом и максимумом определяет величину толерантности биосистемы к данному фактору".

По отношению к любому фактору биосистема обладает определенным диапазоном толерантности (выносливости, устойчивости). Если количественное значение хотя бы одного из факторов выходит за пределы диапазона выносливости, то существование вида становится невозможным, как бы ни были благоприятны другие условия.

Виды, способные существовать при небольших отклонениях фактора от его оптимального значения, называются узкоспециализированными (например, таковыми являются большинство обитателей морей, нормальная жизнедеятельность которых сохраняется лишь при высокой концентрации солей в окружающей среде). Виды, выдерживающие значительные изменения фактора, называются широкоспециализированными (широкоприспособленными).

Литосфера — верхняя «твердая» оболочка Земли, постепенно переходящая с глубиной в сферы с меньшей прочностью вещества. Включает земную кору и верхнюю мантию Земли.

Лнтофиты — растения каменистых местообитаний.

Лицензирование природопользования — система оплачиваемых государственных разрешений на эксплуатацию природных ресурсов.

Макробиотип (макробиота) — крупные почвенные животные с размерами тела от 2 до 20 мм.

Макроэкология — научная дисциплина, в которой на основе системного подхода наиболее крупные обобщения «классической» экологии объединены с экологией человека, наукой об окружающей среде и проблемами взаимоотношений человека и природы.

Мальтузианство — развитие теории народонаселения Т.Р. Мальтуса (1798); совокупность взглядов, по которым неограниченный рост численности населения рассматривается как главная причина социальной напряженности, политических потрясений и экологических кризисов.

«Мания»-структуры — системы хозяйственных или социально-психологических отношений с нарушенными обратными связями, находящиеся в сильной зависимости от стимулов кратковременного благополучия.

Мегабиотип (мегабиота) — крупные землерои, главным образом, из числа млекопитающих.

Мезобиотип (мезобиота) — совокупность сравнительно мелких, легко извлекающихся из почвы, подвижных животных (почвенные нематоды, личинки насекомых, клещи, ногохвостки и др.).

Мезофиты — растения умеренно увлажненных местообитаний.

Мелиорация — улучшение земель для сельскохозяйственного использования.

Местообитание - специфическая физическая среда, в которой живет организм (лес, пустыня, болото и т.д.).

Метаболизм — обмен веществ и энергии в организме, биологической системе.

Микробиотип (микробиота) — почвенные микроорганизмы, составляющие основное звено детритной пищевой цепи, представляют собой как бы промежуточное звено между растительными остатками и почвенными животными.

Мозаичность — неоднородность фитоценозов в горизонтальном отношении и расчленение их на более мелкие структуры.

Мониторинг — слежение за какими-то объектами или явлениями, регулярная или непрерывная регистрация их состояния.

Мониторинг экологический — слежение за качеством всех слагаемых окружающей среды и состоянием биологических объектов.

Монокультура — а) замена естественного разнообразия растительного покрова какой-либо одной сельскохозяйственной культурой; б) бесменное возделывание какой-либо сельскохозяйственной культуры на одном и том же поле.

Морфология [греч. 'морфо' - вид, форма; 'логос' - слово, учение] — комплекс научных дисциплин, исследующих закономерности формы и строения организмов и процессы формообразования.

Мутагены — вещества или физические агенты, способные вызывать мутации.

Мутация [лат. 'мутацио' - изменение, перемена] - естественно возникающие (спонтанные) или вызываемые искусственно (химическими веществами, радиацией, другими факторами) изменения генотипа. Мутации происходят в результате нормальных перестроек и нарушений в генетическом материале организма. Естественные мутации возникают случайно или направленно.

Мутуализм — тип межвидовых взаимоотношений, когда оба сожительства организмов извлекают взаимную пользу.

Наследственность - общее свойство всех организмов сохранять и передавать особенности строения и функций от предков к потомству.

Нахлебничество — потребление остатков пищи хозяина, например, взаимоотношения акул с рыбами-прилипалами.

Нектон — совокупность пелагических активно передвигающихся животных, не имеющих непосредственной связи с дном (киты, кальмары, ластоногие, рыбы).

Нейтрализм — оба вида независимы и не оказывают друг на друга никакого влияния.

Нитрофилы — растения, требовательные к повышенному содержанию азота в почве.

Неособирательство — форма хозяйственной деятельности, при которой осуществляется максимальное контролируемое (неистощительное) использование природных биологических ресурсов с целью относительно уменьшения технического производства в сельском хозяйстве и пищевой промышленности.

Ниша экологическая — комплекс факторов, которые требуются для существования вида, включая его связи с другими видами в сообществе.

Ноогенез (ноосферогенез) — процесс формирования ноосферы.

Ноосфера — буквально «мыслящая оболочка», сфера разума; согласно В.И.Вернадскому, качественно новая, высшая стадия развития биосферы под контролем разумной деятельности человека.

Норма реакции — экологические пределы, в которых возможно приспособительное изменение реакций жизнедеятельности и признаков организмов данного вида.

Обмен веществ - последовательное потребление, превращение, использование, накопление и потеря веществ и энергии в живых организмах в процессе жизни, позволяющие им самосохраняться, расти, развиваться и самовоспроизводиться в условиях окружающей их среды, а также адаптироваться к ней, её изменениям.

В данном смысле обмен веществ можно считать синонимом термина метаболизм [греч. 'метаболе' - перемена], но с той разницей, что, строго го-

вора, метаболизм - это процесс, охватывающий усвоение пищевых веществ и построение из них тела организма (анаболизм) и распад этих веществ в нем (катаболизм) [греч. 'анаболе' - подъем; 'катаболе' - разрушение, сбрасывание вниз].

Озоновый экран — слой атмосферы, отличающийся повышенной концентрацией молекул озона (O_3), поглощающих коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца, опасное для живых организмов.

Онтогенез — индивидуальное развитие организма; для многоклеточных — от оплодотворения яйцеклетки до старения и смерти.

Опустынивание (аридизация) — процесс обеднения растительного покрова, связанный со стойким уменьшением увлажнения территории, превращением её в аридную зону.

Организм [гр. 'органон' - орудие, инструмент] - всякое живое тело, живое существо, реальный носитель жизни, который характеризуется всеми её свойствами и происходит от одного зачатка: семени, споры, оплодотворенной яйцеклетки и т.д. Организм - синоним терминов особь, индивид. Экология особей называется аутоэкологией [греч. 'аутос' - сам].

Орнитофилия — опыление растений с помощью птиц.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) — экспертная процедура, предназначенная для определения (прогнозирования) возможных воздействий строительства, пуска, эксплуатации (включая аварийные ситуации) и ликвидации хозяйственного объекта на состояние окружающей среды, целостность природных систем и здоровье людей.

Паразитизм — форма взаимоотношений между видами, при которой организмы одного вида (паразита, потребителя) живут за счет питательных веществ или тканей организма другого вида (хозяина) в течение определенного времени.

Парацеллы — структурные части горизонтального расчленения биоценоза, отличающиеся составом, структурой, свойствами компонентов, спецификой их связей и материально-энергетического обмена.

Парниковый эффект — повышение температуры атмосферы из-за увеличения содержания в ней парниковых газов, приводящего к чрезмерному поглощению воздухом теплового излучения Земли.

Патоген — агент, вызывающий патологические процессы в организме.

Пелагиаль — толща воды в океане или море как среда обитания пелагических организмов, планктона и nekтона.

Периодический закон географической зональности А. А. Григорьева — М. И. Будыко: со сменой физико-географических поясов Земли аналогичные ландшафтные зоны и их некоторые общие свойства периодически повторяются.

Пестициды — синтетические вещества, используемые для защиты растений, животных, сельскохозяйственной продукции от угнетающих и

повреждающих влияний других организмов — сорняков (гербициды), насекомых (инсектициды), грибов (фунгициды) и др.

Пирамида биомасс — графическое изображение соотношения между продуцентами и консументами разных порядков, выраженное в единицах биомассы.

Пирамида численности (чисел) — графическое изображение соотношения между продуцентами и консументами разных порядков, выраженное в единицах числа особей.

Пирамида экологическая (трофическая) — графическое изображение количественных соотношений между трофическими уровнями биоценоза — продуцентами, консументами (отдельно каждого уровня) и редуцентами, выраженное в их численности (пирамида чисел), биомассе (пирамида биомасс) или энергии (пирамида энергий).

Пирамида энергий—графическое изображение соотношения между продуцентами и консументами разных порядков, выраженное в единицах заключенной в массе живого вещества энергий.

Пищевая (трофическая) цепь - перенос вещества и энергии между членами биоценоза, представляющими различные трофические уровни, при поедании последующим членом цепи предыдущего.

Планктон – совокупность пелагических организмов, не обладающих способностью к быстрым активным передвижениям. Это мелкие животные – *зоопланктон* и растения – *фитопланктон*, которые не могут противостоять течениям.

Погода — это непрерывно меняющееся состояние атмосферы у земной поверхности, примерно до высоты 20 км (граница тропосферы).

Полинозы — аллергические заболевания, вызванные пылью цветущих растений.

Поллютанты - техногенные загрязнители среды: воздуха (аэрополлютанты), воды (гидрополлютанты), земли (терраполлютанты).

Популяция — совокупность особей одного биологического вида, населяющих пространство с относительно однородными экологическими условиями, имеющих общий генофонд и возможность свободно скрещиваться.

Поражения экологические — нанесение вреда природным комплексам, экологическим системам, их отдельным компонентам, а также человеку в результате резких или длительных и стойких изменений экологических условий.

Правило предварения Алехина: широко распространенные виды растений на юге произрастают на северных склонах, а на севере встречаются только на южных.

Правило Д.Аллена: увеличение выступающих частей тела одного вида или близких видов теплокровных животных (конечностей, хвоста, ушей) при продвижении с севера на юг.

Правило К.Берхман: у теплокровных животных, подверженных географической изменчивости, размеры тела особей статистически (в среднем) больше у популяций, обитающих в более холодных частях ареала.

Правило Вант-Гоффа — при оптимальных температурах у всех организмов физиологические процессы протекают наиболее интенсивно, что способствует увеличению темпов их роста.

Правило Глогера: окраска животных в холодном и сухом климате сравнительно светлее, чем в теплом и влажном.

«Правило 10%» (правило пирамиды энергий Р. Линдемана): с одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой, более высокий её уровень (по «лестнице» продуцент — консументы), в среднем около 10% поступившей на предыдущий уровень энергии.

Правило обязательности заполнения экологических ниш: пустующая экологическая ниша всегда бывает естественно заполнена.

«Правило 1%»: для биосферы в целом доля возможного потребления чистой первичной продукции (на уровне консументов высших порядков) не превышает 1%.

Правило Тинеманна: сохранение и расселение видов растений ограничивает устойчивость к неблагоприятным абиотическим воздействиям (холод, жара) репродуктивных органов и незащищенных молодых растений.

Принцип Ле Шателье: при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется.

Принцип минимума диссипации (рассеяния) энергии, или принцип экономии энергии (Л.Онсагер — И.Пригожин): при вероятности развития процесса в некотором множестве термодинамически допустимых направлений, реализуется то, которое обеспечивает минимум рассеяния энергии.

Принцип сбалансированного природопользования: размещение и развитие материального производства на определенной территории должно осуществляться в соответствии с её экологической выносливостью по отношению к техногенным воздействиям.

Природоёмкость производства — совокупный ущерб, который наносится природным объектам и ресурсам, состоянию окружающей среды строительством и эксплуатацией хозяйственных объектов, их отходами и продукцией.

Продуценты - автотрофные организмы (в основном, зеленые растения), образующие первичную продукцию органических веществ.

Протокооперация — простой тип симбиотических связей. При этой форме совместное существование выгодно для обоих видов, но не обяза-

тельно для них, т.е. не является непременным условием выживания популяций.

Псаммофиты — растения, приспособленные для жизни на подвижных песках.

Радионуклиды (радиоактивные изотопы) — изотопы элементов, испускающие радиоактивные излучения.

Радиофобия — пограничное предболезненное состояние человека, вызванное страхом радиационного поражения — по оправданным или воображаемым причинам.

Редуценты [лат. 'редуценс' - возвращающий, восстанавливающий] - организмы-гетеротрофы, главным образом, бактерии и грибы, которые в ходе жизнедеятельности превращают органические остатки (мертвую органику) в неорганические вещества. Другое название редуцентов деструкторы.

Рекреация — восстановление сил, здоровья, отдых.

Рекультивация — комплекс мер, направленный на восстановление ранее нарушенного природного ландшафта, а также продуктивности нарушенных земель.

Рециклинг - возможно полное возвращение расходных и вспомогательных веществ и материалов в циклических производственных процессах для повторного использования.

Реципиенты - в экологическом контексте общее обозначение для объектов техногенных воздействий - людей, других живых организмов, экосистем, а также неживых объектов.

Сапрофаги — животные, питающиеся мертвой органикой (син. — детритофаги).

Симбиоз — неразделимые взаимопользные связи двух видов, предполагающие обязательное тесное сожительство организмов, иногда даже с элементами паразитизма.

Синузия — структурная часть фитоценоза.

Синэкология — экология многовидовых сообществ, экосистем.

Сообщество (ценоз) организмов - совокупность популяций разных видов, занимающая определенный участок (например, сообщества: леса, болота, гниющего дерева). Термин «сообщество» используют часто как синоним термина «биоценоз». Сообщество может состоять из сотен и тысяч разных видов. Сообщества изучает экосистемная экология.

«Сотрапезничество» — потребление разных веществ или частей их одного и того же ресурса. Например, взаимоотношения между различными видами почвенных бактерий—сапрофитов, перерабатывающих разные органические вещества из перегнивших растительных остатков, и высшими растениями, потребляющими образовавшиеся при этом минеральные соли.

«Сотрудничество» — оба вида образуют сообщество. Оно не является обязательным, так как каждый вид может существовать отдельно, изолированно, но жизнь в сообществе им обоим приносит пользу.

Среда - это все то, что окружает особь (популяцию, сообщество) и воздействует на нее. Среда характеризуется экологическими факторами, которые подразделяются на биотические, абиотические и антропогенные. Соответственно, отличают среду биотическую, абиотическую и антропогенную.

Стенобионт [греч. 'стенос' - узкий, тесный] - организм, требующий строго определенных условий существования (например, таковы почти все растения влажных тропических лесов).

Стресс — состояние физиологического напряжения организма, совокупность реакций, возникающих в ответ на внешние воздействия, нарушающие гомеостаз.

Суккуленты — растения с сочными мясистыми надземными органами, в которых развита водозапасающая ткань. Различают листовые и стеблевые суккуленты.

Сукцессия — направленная и непрерывная последовательность изменений видового состава организмов в данном местообитании.

Сукцессия вторичная — восстановление экосистемы, когда-то уже существовавшей на данной территории.

Сукцессия первичная — процесс развития и смена экосистем на незаселенных ранее участках, начинающийся с их колонизации.

Сукцессионная серия — последовательный ряд постепенно и закономерно сменяющих друг друга в сукцессии сообществ.

Сциофиты — теневые растения, не выносящие сильного освещения, живут в постоянной тени под пологом леса.

Тератогены — вещества или физические агенты, которые при действии на родительские организмы способны вызвать врожденные уродства у потомства.

Термопериодизм сезонный — потребность растений умеренных широт в чередовании в течение года холодных и теплых периодов.

Технобиогеоценоз (сокр. техноценоз) — экологическая интерпретация понятия природно-производственного комплекса.

Техногенез (в экологии) — процесс развития материальной культуры и техники, порождающий изменения в природной и окружающей человека среде.

Техносфера — «техническая оболочка» — искусственно преобразованное пространство планеты, находящееся под воздействием продуктов производственной деятельности человека.

Толерантность — выносливость вида к воздействию на него тех или иных факторов среды.

Топические связи — характеризуют любое физическое или химическое изменение условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого.

Трофические связи — наблюдаются, когда один вид питается другим — либо живыми особями, либо их мертвыми остатками, либо продуктами их жизнедеятельности.

Трофический уровень - совокупность организмов, которые занимают определенное положение в общей цепи питания. Представление о пищевых цепях и трофических уровнях является удобной абстракцией. В природе реально существуют трофические сети (пищевые сети), в которых многие популяции принадлежат сразу к нескольким трофическим уровням. Один и тот же организм нередко потребляет в пищу и животных, и растения; хищник может питаться консументами 1-го и 2-го порядка; многие животные едят и живые, и отмершие растения.

Урбанизация — рост и развитие городов, преобразование сельской местности в городскую, миграция сельского населения в города, увеличение роли городов в жизни общества.

Условия - это факторы, воздействие которых на организм не зависит от их потребления другими организмами (например, температура атмосферного воздуха). Для нормального развития биологической системы необходимо наличие различных факторов строго определенного качества, каждый из них должен быть еще и в определенном количестве.

Фауна — совокупность видов животных, обитающих на определенной территории.

Фермент(ы) [лат. 'ферментум' - закваска], **энзим(ы)** [греч. 'эн(д)'- в, внутри; 'зиме' - закваска] - биологические катализаторы, по химической природе - белки (иногда рибонуклеиновые кислоты - рибозимы). Убыстряя превращения веществ (биохимические реакции), направляют и регулируют обмен веществ.

Фенотип [греч. 'файно' - являю, обнаруживаю; 'типос' - форма] — конкретная реализация генотипа, т.е. совокупность всех внутренних и внешних признаков и свойств индивида, сформировавшихся на базе генотипа в процессе индивидуального развития.

Физиология [греч. 'физис' - природа] - биологическая дисциплина, исследующая функции живого организма, протекающие в нем процессы, обмен веществ, приспособление к среде жизни и т.п.

Фитопланктон — совокупность микроводорослей, мелких растительных организмов, обитающих в толще воды.

Фитофаги — растительноядные животные.

Фитоценоз — многовидовое растительное сообщество.

Флора — совокупность видов растений, обитающих на определенной территории.

Форические связи — это участие одного вида в распространении другого.

Фотопериодизм — изменения состояния биологических систем, обусловленные естественным ритмом освещенности, сменой дня и ночи, сезонными изменениями длительности светового дня.

Фотосинтез [греч. 'фотос' - свет; синтез - соединение, составление] - процесс превращения зелеными растениями и фотосинтезирующими микроорганизмами лучистой энергии в энергию химических связей органических веществ. Этот процесс происходит с участием пигментов, прежде всего хлорофилла, интенсивно поглощающих свет определенных участков спектра (красные и сине-фиолетовые лучи). Механизм фотосинтеза состоит из цепи фаз и окислительно-восстановительных реакций.

Следует отметить, что часть органического вещества создается также в процессе хемосинтеза некоторыми микроорганизмами, которые не содержат хлорофилла. Открыл хемосинтез в 1887 г. русский микробиолог С.Н. Виноградский (1856 - 1953).

Хемосинтез [позднегреч. 'хемия' - химия] - процесс образования некоторыми микроорганизмами органических веществ из двуокиси углерода за счет энергии, получаемой при окислении неорганических соединений (аммиака, водорода, соединений серы, железа), т.е. за счет внутриклеточных экзотермических реакций без участия солнечной энергии. [Экзо: от греч. 'эксо' - снаружи].

Хемофобия — пограничное предболезненное состояние человека, вызванное страхом химического отравления.

Хищничество — такой тип взаимоотношения популяций, при котором представители одного вида поедают (уничтожают) представителей другого, т. е. организмы одной популяции служат пищей для организмов другой популяции.

Численность популяции — общее количество особей на данной территории или в данном объеме.

Чистая первичная продуктивность (ЧПП) — скорость накопления растениями органического вещества за вычетом расхода на дыхание и фотодыхание.

Эволюция [лат. 'эволюцио' - развертывание] - необратимое и, в известной мере, направленное историческое развитие живой природы. Сущность процесса эволюции состоит как в непрерывном приспособлении живого к разнообразным и постоянно меняющимся условиям среды, так и в появлении всё более сложно устроенных организмов. Термин ввел в науку в 1762 г. швейцарский ученый Ш. Бонне (1720 - 1793).

В основе зарождения, сохранения и развития органического мира лежат фундаментальные законы, которые были сформулированы английским ученым Ч. Дарвином (1809 - 1882) в 1859 г. Исходя из существовавших в то время научных данных, он определил следующие главные факто-

ры (движущие силы) эволюционного процесса: наследственность, изменчивость и естественный отбор.

Современные представления о факторах эволюции - результат развития дарвинизма, генетики и экологии. В настоящее время выделяют такие факторы эволюционного процесса, как наследственная изменчивость (её основой в живой природе служат мутации), естественный отбор, дрейф генов, изоляция, миграция особей и др.

Эврибионт [греч. 'эурис' ('эурос') - широкий] - организм, живущий в различных, порой резко отличающихся друг от друга условиях среды (например, лисица обитает от лесотундры до степей, питаясь как животной, так и растительной пищей).

Эвтрофикация водоемов — чрезмерное обогащение водной среды питательными веществами.

Эдафон — совокупность животного населения почвы.

Эдификаторы — растения, наиболее активно и глубоко преобразующие среду и определяющие условия существования для других обитателей.

Экологизация науки — процесс проникновения идей и проблем экологии в другие области знания, в систему современных естественных, технических и гуманитарных дисциплин. Выделяются три уровня экологизации: внутридисциплинарная, междисциплинарная и проблемная. Под последней понимают интеграцию различных областей современного научного знания для разрешения локальных, региональных и глобальных экологических проблем.

Экологическая стратегия популяции — это общая характеристика её роста и размножения.

Экологическая структура биоценоза — это его состав из экологических групп организмов, выполняющих в сообществе в каждой экологической нише определенные функции.

Экология — это наука, изучающая отношения организмов между собой и с окружающей средой, или наука, изучающая условия существования живых организмов, взаимосвязи со средой, в которой они обитают.

Экологическая техноёмкость территории (ЭТГ) — обобщенная характеристика территории, количественно соответствующая максимальной техногенной нагрузке, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структурных и функциональных свойств.

Экологическая валентность видов по отношению к разным факторам среды неодинакова, поэтому каждый вид обладает суммой экологических валентностей по отношению к факторам среды, т.е. специфичным экологическим спектром.

Экологическая ниша - совокупность всех факторов среды, которые

требуются для существования вида, включая его связи с другими видами в природе. Каждый вид имеет свою нишу, которую он отвоевал у других видов в ходе конкурентной борьбы и которая определяет его роль и распространение в сообществах, экосистемах. Различают фундаментальную и реализованную ниши. Фундаментальная экологическая ниша – это те условия, в которых вид в принципе может существовать, реализованная – это условия, где вид реально встречается в данном сообществе. Реализованная ниша всегда составляет некоторую часть фундаментальной. Выражение "свободная экологическая ниша" означает, что в рассматриваемой экосистеме есть сумма условий для обитания и жизнедеятельности какого-то вида, но этот вид в рассматриваемом месте отсутствует, хотя в других аналогичных биогеоценозах присутствует. Фактически "свободных" экологических ниш не существует, и все так называемые пустующие ниши - лишь обман зрения, потому что заполнение экологической ниши просто требует иногда значительного времени.

Об этом говорит правило заполнения экологических ниш: "В случае исчезновения вида по каким-либо причинам его нишу рано или поздно занимает другой вид, который способен выполнять те же функции в сообществе, что и исчезнувший вид, т.е. происходит экологическое дублирование".

Распределение видов настолько закономерно, что, зная параметры какой-либо ниши, оказавшейся свободной, можно описать вид, который должен её занять. Так, важнейшие характеристики вируса СПИДа (синдрома приобретенного иммунодефицита) были предсказаны за 10 лет до его распространения в связи с освобождением экологических ниш, которые были ранее заняты возбудителями инфекционных болезней, побежденными человеком. К сожалению, на эти исследования не обратили в свое время должного внимания.

Французское слово "ниш" переводится как ячейка, камера, однако следует избегать механистической вульгаризации термина и понятия "экологическая ниша", сравнивая экологическую нишу с полкой в шкафу.

Экологическая пластичность (экологическая валентность) - свойство видов организмов адаптироваться к тому или иному диапазону факторов среды. Чем шире диапазон колебаний экологического фактора, в пределах которого вид может существовать, тем выше его экологическая пластичность, тем шире диапазон его толерантности.

Экологически непластичные, т.е. маловыносливые виды называются стенобионтными, более выносливые - эврибионтными. Стенобионтность и эврибионтность характеризуют различные типы приспособления организмов к выживанию. По отношению ко всем факторам среды (или во всяком случае ко многим) эврибионтных организмов очень мало. Чаще всего стено- или эврибионтность проявляется по отношению к одному фактору. Эврибионтность обычно способствует широкому распространению вида.

Экологический фактор - любой компонент среды, на который организм реагирует приспособительными реакциями. Все факторы можно разделить на условия и ресурсы. Интенсивность экологического фактора, наиболее благоприятная для жизнедеятельности организма, называется оптимумом, а дающая наихудший эффект, - пессимумом (пессимум - это условия, при которых жизнедеятельность организма максимально угнетается, но он еще может существовать). Развитие биосистемы может регулироваться одним или несколькими компонентами среды, находящимися в недостатке, тогда как другие ресурсы и условия могут присутствовать в избытке и не использоваться в полной мере.

Экология сообществ и популяционная экология объединяются под названием синэкология [греч. 'син' - вместе].

Экоразвитие — экологически ориентированное социально-экономическое развитие, при котором рост благосостояния людей не сопровождается ухудшением состояния среды обитания и деградацией природных систем. Экосистема (экологическая система) — совокупность совместно обитающих разных видов организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом.

Экосистема (экологическая система) - основная структурная единица биосферы - представляет собой единый природный или природно-антропогенный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые и косные экологические компоненты связаны между собой причинно-следственными связями, обменом веществ и распределением потока энергии. В термодинамическом отношении экосистема является, как говорят физики, открытой системой, т.к. живые организмы постоянно обмениваются веществом и энергией с внешней средой. По масштабам различают микроэкосистемы (например, ствол гниющего дерева), мезоэкосистемы [греч. 'мезос' - средний, промежуточный] (лес, пруд, озеро и др.), макроэкосистемы (континент, океан) и, наконец, глобальную экосистему (биосфера Земли).

Экосфера - совокупность свойств планеты Земля, которые создают условия для развития жизни на Земле (биотоп биосферы). Пространственно включает тропосферу, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы.

Экофобии — общее наименование для фобий, вызываемых неблагоприятными экологическими воздействиями на людей.

Экоцид — значительное угнетение и гибель экосистем, различных организмов, в том числе и людей, под влиянием резких или длительных антропогенных нарушений нормальных экологических условий.

Эктотермы — организмы, температура тела которых мало отличается от температуры среды обитания и следует за её изменениями: низшие организмы, растения, холоднокровные животные.

Эмерджентность — возникновение совершенно новых свойств при взаимодействии двух или нескольких объектов или явлений, свойств, не являющихся простой суммой исходных.

Эмиссия (в экологии) — выпуск, испускание каких-либо веществ, побочных продуктов производства.

Эндотермы — теплокровные животные — птицы и млекопитающие, способные с помощью внутренних механизмов терморегуляции поддерживать относительно постоянную температуру тела, в определенных пределах не зависящую от температуры среды.

Эпифиты — растения, живущие на других растениях (на ветвях, стволах деревьев), без связи с почвой.

Эрозия почвы — разрушение (смыв, размыв, выдувание) плодородного слоя почвы талыми, ливневыми водами и ветрами.

Эфемеры — однолетние травянистые растения, завершающие полный цикл развития за очень короткий и обычно влажный период.

Эфемероиды — многолетние травянистые растения, которым, подобно эфемерам, свойствен очень короткий период вегетации.

«Эффект группы» — оптимизация физиологических процессов, ведущая к повышению жизнеспособности особей при совместном существовании.

Ярусность — вертикальное расслоение биоценозов на равновысокие структурные части.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. Экология. - М.: «Изд – во ПРИОР», 2000. – 304с.
2. Одум Ю. Экология/Пер. с англ. Т. 1-2. М.: Мир, 1986.
3. Петров К.М. Общая экология. Взаимодействие общества и природы: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., стер. – СПб: Химия, 1998. – 352с., ил.
4. Смирнов Г.В., Карташев А.Г., Зиновьев Г.Г., Воскресенский В.В. Экология. Учебное пособие. - Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования. 2000. – 145с.
5. Смирнов Г.В., Карташев А.Г., Зиновьев Г.Г., Воскресенский В.В. Экология. Учебно – методическое пособие. - Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования. 2000. – 163с.
6. Хрестоматия по общей экологии (развитие идей)/Сост. Н.А. Кузнецов. – М.: Изд – во МНПУ, 2001. – 292с.
7. Экология России. Хрестоматия/Сост. В.Н. Кузнецов. – М.: АО «МДС», 1996. – 320с.