

И.С. Коротченко

ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие



Красноярск 2016

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

И.С. Коротченко

ЭКОЛОГИЯ

Рекомендовано Сибирским региональным учебно-методическим центром высшего профессионального образования для межвузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 19.03.02 (260100.62) «Продукты питания из растительного сырья», 15.03.02 (151000.62) «Технологические машины и оборудование»

Красноярск 2016

ББК 20.1
К 68

Рецензенты:

*Е.Я. Мучкина, д-р биол. наук, проф. кафедры экологии
и природопользования Института экономики, управления
и природопользования Сибирского федерального
университета*

*С.В. Хижняк, д-р биол. наук, проф. кафедры инженерной
экологии Сибирского государственного аэрокосмического
университета им. акад. М.Ф. Решетнева*

К 68 Коротченко, И.С. Экология: учеб. пособие / И.С. Коротченко;
Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016. – 284 с.

Издание включает курс лекций, содержащий материал о живых системах и особенностях их взаимодействия с окружающей средой, общих закономерностях взаимоотношений живых организмов внутри вида и между разными видами, методах наук, изучающих живые системы, вопросах природопользования и проблемах биоразнообразия, лабораторный практикум, контрольные вопросы, вопросы к зачету, итоговые тесты, глоссарий, список литературы.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 19.03.02 (260100.62) «Продукты питания из растительного сырья», 15.03.02 (151000.62) «Технологические машины и оборудование» очной и заочной форм обучения.

ББК 20.1

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
Тема 1. ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ ЭКОЛОГИИ. КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ ЭКОЛОГИИ.....	8
1.1. Понятие экологии.....	8
1.2. Структура экологии.....	9
1.3. Методы экологических исследований.....	11
1.4. История становления и развития экологии как науки.....	15
Лабораторная работа 1. Оценка экологического состояния окружающей среды по асимметрии листьев.....	26
Тема 2. СРЕДЫ ЖИЗНИ. ВНУТРИВИДОВЫЕ И МЕЖВИДОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ.....	33
2.1. Общая характеристика среды обитания организмов. Классификация сред.....	33
2.2. Классификация и основные закономерности действия экологических факторов.....	36
2.3. Внутривидовые и межвидовые отношения организмов.....	37
2.4. Адаптации организмов к условиям среды.....	42
Лабораторная работа 2. Методы измерения абиотических факторов окружающей среды (определение рН, содержания кислорода, хлоридов в воде).....	47
Тема 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ОРГАНИЗМОВ.....	52
3.1. Свет как экологический фактор.....	52
3.2. Тепловой фактор и его влияние на организмы.....	55
3.3. Вода и ее воздействие на живое.....	56
3.4. Почва и рельеф в жизни организмов.....	58
3.5. Биотические факторы среды и взаимовлияние организмов друг на друга.....	60
3.6. Антропогенные факторы и их влияние на биоту.....	62
Лабораторная работа 3. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха веществами, попадающими в окружающую среду в результате работы автотранспорта.....	65
Тема 4. ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗМОВ И ТИПЫ СТРАТЕГИЙ ЖИВОГО.....	73
4.1. Жизненные формы растений.....	73
4.2. «Архитектурные» и «структурные» модели растений.....	79

4.3. <i>Жизненные формы животных</i>	80
4.4. <i>«r-отбор» и «K-отбор»</i>	82
4.5. <i>Типы стратегий Раменского-Грайма</i>	83
Лабораторная работа 4. Уменьшение содержания хлорофилла в листьях растений – биоиндикационный признак неблагоприятных условий среды. Определение хлорофилла фотометрически.....	85
Тема 5. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ.....	92
5.1. <i>Понятие о популяции</i>	92
5.2. <i>Ареал таксона</i>	93
5.3. <i>Структура и свойства популяции (статические и динамические)</i>	96
Лабораторная работа 5. Модель рационального питания (определение суточных энерготрат и составление рациона питания, обеспеченности организма витаминами и микроэлементами).....	110
Тема 6. ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ И КОНЦЕПЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ.....	120
6.1. <i>Структура биоценоза. Биогеоценоз</i>	120
6.2. <i>Основные отличия биогеоценоза от экосистемы</i>	123
6.3. <i>Экологическая ниша</i>	124
6.4. <i>Структурная организация экосистемы</i>	125
6.5. <i>Круговорот веществ и энергии в экосистеме. Пищевые цепи и сети</i>	127
6.6. <i>Типология экологических пирамид</i>	129
6.7. <i>Аутогенные и аллогенные сукцессии</i>	130
6.8. <i>Разнообразие природных экосистем</i>	132
6.9. <i>Искусственные экосистемы (агроценозы и урбоэкосистемы)</i> ...	133
Лабораторная работа 6. Загрязнение пищевых продуктов нитратами и их определение в различных овощных культурах в зависимости от вида, сорта, органа, ткани.....	134
Тема 7. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА БИОСФЕРЫ.....	141
7.1. <i>Общая характеристика биосферы, ее свойств и границ</i>	141
7.2. <i>Взгляды В.И. Вернадского на сущность биосферы и ноосферу</i>	143
7.3. <i>Типы вещества биосферы</i>	144
7.4. <i>Функции живого вещества</i>	144
7.5. <i>Гипотезы происхождения биосферы</i>	145
7.6. <i>Воздействие человека на природу и важнейшие экологические проблемы современности</i>	148

7.7. <i>Некоторые проблемы региональной экологии (на примере Красноярского края)</i>	155
Лабораторная работа 7. Оценка радиационного состояния окружающей среды.....	162
Тема 8. ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА.....	169
8.1. <i>Особенности биосоциальной природы человека</i>	169
8.2. <i>Причины и последствия урбанизации</i>	171
8.3. <i>Факторы риска и их классификация</i>	173
8.4. <i>Состояние окружающей среды и здоровье человека</i>	174
8.5. <i>Загрязнение среды и его виды</i>	176
8.6. <i>Зоны экологической катастрофы и экологические законы</i>	
<i>Б. Коммонера</i>	178
Лабораторная работа 8. Моделирование механизма «парникового эффекта».....	180
Тема 9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.....	187
9.1. <i>Принципы рационального использования природных ресурсов</i>	187
9.2. <i>Особо охраняемые природные территории (ООПТ)</i>	191
9.3. <i>Основы экономики природопользования</i>	193
9.4. <i>Экозащитные технологии</i>	195
9.5. <i>Основы экологического права</i>	203
9.6. <i>Мониторинг и охрана окружающей среды</i>	204
9.7. <i>Глобальные прогностические модели</i>	207
9.8. <i>Международные и межправительственные программы по охране окружающей среды</i>	208
Лабораторная работа 9. Влияние кислотных осадков на объекты живой и неживой природы.....	215
ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ.....	221
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	224
ЛИТЕРАТУРА.....	225
ГЛОССАРИЙ.....	229

ВВЕДЕНИЕ

Современный прогресс в мире проходит непосредственно с глобальным преобразованием окружающей среды в связи с постоянно расширяющимся использованием природных ресурсов. Усиливающаяся трансформация естественных ресурсов способствует формированию экологического иммунодефицита в отдельных регионах и ослаблению биосферных механизмов саморегулирования. В связи с необходимостью охраны окружающей среды сильно возросла роль экологии, и она стала интегральной наукой, связанной почти со всеми естественными и техническими дисциплинами, ее преподают во всех учебных заведениях Российской Федерации.

Важнейшее значение имеет подготовка экологически грамотных специалистов, способных не только охранять природу, рационально использовать ее естественные ресурсы, но и решать качественно новые задачи: прогнозировать изменение состояния окружающей среды и управлять ею. Специалист в любой сфере деятельности должен обладать экологическими знаниями, понимать сущность современных проблем взаимодействия общества и природы, разбираться в причинной обусловленности, возложенных негативных воздействий хозяйственной деятельности на окружающую природную среду. Уметь квалифицированно оценить характер, направленность и последствия влияния конкретной деятельности человека на природу, увязывая решение производственных задач с соблюдением соответствующих природоохранных требований, вырабатывать и осуществлять научно обоснованные решения экологических проблем.

Цель учебного курса «Экология» – формирование ценностных ориентаций мировоззренческого уровня, отражающих объективную целостность и ценность природы и базовых экологических знаний, необходимых для обеспечения профессиональной деятельности.

Задачи:

- изучение структуры и закономерностей функционирования экологических систем;
- изучение закономерностей действия экологических факторов на биологические, природные, природно-антропогенные объекты и биосферу;
- изучение механизмов саморегуляции существующих в экосистемах и антропогенных факторов, их нарушающих;

- изучение механизмов обеспечения экологической безопасности, рационального природопользования и реализации концепции устойчивого развития.

- практическое использование теоретического материала в рамках в профессиональной деятельности.

Такой уровень знаний студенты могут получить при рациональном сочетании чтения теоретического курса с проведением лабораторных работ. В этой связи стояла задача систематизировать довольно обширный круг лекционных и лабораторных занятий, формирующих необходимую систему знаний современных инженеров пищевой промышленности.

Предлагаемое учебное пособие является оригинальным изданием. Компактность изложения, его концептуальная и дидактическая ясность сочетаются с полнотой раскрытия тематики. Пособие логически структурировано, состоит из девяти тематических разделов, каждый из которых сопровождается лабораторным практикумом, самостоятельной работой, контрольными вопросами.

Предлагаемое учебное пособие апробировано в различных вариантах (лабораторные работы на занятиях, практические работы в природной обстановке, при выполнении дипломных работ и т.д.).

Тема 1. ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ ЭКОЛОГИИ. КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ ЭКОЛОГИИ

1.1. Понятие экологии

Экология – наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и со средой их обитания. Термин «экология» впервые ввел немецкий биолог Эрнст Геккель в 1866 году. Само слово восходит к греческому «ойкос» – дом, жилище, – поэтому экологию можно трактовать как изучение «домашней жизни» живых существ. За рубежом в ходу определение науки, данное Кребсом (1972): «Экология – научное познание взаимодействий, определяющих распространение и численность организмов».

На сегодняшний день существует более 140 определений науки «экология». Вот лишь некоторые из них:

Экология – одна из биологических наук, изучающих живые системы в их взаимодействии со средой обитания.

Экология – комплексная наука, синтезирующая данные естественных и общественных наук о природе и взаимодействии ее и общества.

Экология – совокупность научных и практических проблем взаимоотношений человека и природы.

«Экология – наука о структуре природы, характеризующаяся энергетическим подходом к исследованиям природных явлений» – Е. Одум (1963). «Современная экология – наука о путях приспособления видовых популяций к изменяющимся условиям внешней среды, наука о становлении, преобразовании и развитии видовых популяций, законах их интеграции в биологические системы более высокого порядка, специфически приспособленные к наиболее эффективному использованию энергии в конкретных условиях среды» – С.С. Шварц (1967).

Предметом экологии являются объекты организменного, популяционно-видового, биоценотического и биосферного уровней организации в их взаимодействии с окружающей средой.

Задачи общей экологии – изучение двусторонних связей в системах: организм – среда; популяция – среда; сообщество – среда; биосфера – географическая оболочка; а также выяснение особенностей внутривидовых и межвидовых отношений. В общей (классической) экологии можно выделить крупные разделы (уровни эколо-

гии): экологию особей (аутэкологию); экологию популяций (демэкологию) и экологию сообществ (синэкологию).

1.2. Структура экологии

Биоэкология – первичное научное направление, изучающее закономерности взаимоотношений живых организмов со средой обитания на надорганизменных уровнях организации (рис. 1). Предмет изучения – живые сообщества, человек в рамках биоэкологии рассматривается как биологический вид. Раздел тесно связан с другими биологическими науками (физиологией, таксономией, этологией). Каждый из разделов имеет свои собственные задачи.

Аутэкология изучает отношение организмов к условиям среды. В этом же разделе экологии рассматриваются характеристики факторов среды и способы приспособления (адаптаций) организмов к различным условиям среды.

Демэкология (популяционная экология) – экология отдельных видов, представленных в природе популяциями (популяция – форма существования вида).

Синэкология – экология сообществ.

Глобальная экология – учение о биосфере как о единой глобальной системе, в которой живые организмы определяют тесное взаимодействие атмосферы, гидросферы и литосферы.

Экология систематических групп включает экологию растений, животных, грибов, а также более мелких таксономических единиц (например, экология комаров-долгоножек семейства *Tipulidae*).

Геоэкология рассматривает взаимодействие биосистем со средой с учетом различных ландшафтов (экология тундры, степей, саванн, пустынь, культурных ландшафтов и пр.) и других географических подразделений (экология островов, высокогорий, Крайнего Севера, хребта Сихотэ-Алинь и пр.). Также геоэкология включает экологию сред: воздушной, наземной, моря, континентальных водоемов. На стыке биоэкологии и геоэкологии образовано множество частных разделов: экогеология, палеоэкология, археоэкология, эволюционная экология и др.

Прикладная экология рассматривает частные проблемы взаимодействия человека и окружающей среды в рамках конкретного

вида деятельности. Среди всех видов деятельности глобальный характер имеют сельское хозяйство и строительство. Соответственно, выделяют сельскохозяйственную и строительную экологию, а также инженерную, медицинскую, промысловую, космическую и т.д. При этом рассматривается как влияние человеческой деятельности на экосистемы (например, распашка земель приводит к гибели естественных луговых сообществ), так и влияние среды на человеческие сообщества (например, одомашнивание крупного рогатого скота, которое повлекло за собой развитие человеческой оспы из коровьей, а также артроза суставов пальцев рук у доярок при ручном доении). Прикладная экология тесно связана с природопользованием и эколого-экономическими науками (например, экономикой среды обитания).

Социальная экология – раздел, обобщающий сведения большинства естественных наук в рамках глобальной системы «человеческое общество – окружающая среда», изучающий взаимодействие и взаимосвязи человеческого общества с природной и техногенной средой. Социальная экология тесно связана с психологией, социологией, педагогикой и философией. На стыке этих дисциплин возникли более специфичные:

- экологическая педагогика (изучает аспекты экологического образования и воспитания в условиях экологического кризиса);
- экологическая психология (разнообразные вопросы индивидуального и группового отношения к природе);
- экологическая философия (рассматривает глубинные предпосылки взаимодействия с природой исходя из социальных и гносеологических причин) и др.

Охрана окружающей среды на современном этапе развития цивилизации – важнейшее направление экологической науки, несмотря на то, что это типичная инженерная дисциплина в рамках прикладной экологии. Кроме инженерного аспекта (мероприятия, оборудование и сооружения для сохранения окружающей среды) в раздел входят правовые, нормативные, административные, просветительские, образовательные мероприятия и действия. Разработка этого направления экологии возможна только и исключительно на основе экологических знаний из освещенных выше разделов. Охрана окружающей среды тесно связана с природопользованием, кото-

рое в широком смысле также охватывает все аспекты взаимодействия общества и природы.



Рисунок 1 – Структура современной экологии

1.3. Методы экологических исследований

Среди методов, используемых в экологии, по особенностям их применения, можно выделить как общенаучные, так и частные, только экологические методы. В соответствии с другой класси-

кацией методы экологии можно подразделить на лабораторные и полевые. Последние, в свою очередь, делятся на следующие методы: маршрутные, стационарные, описательные и экспериментальные. Полевые исследования в экологии наиболее значимы, поскольку именно они позволяют изучать экологические явления непосредственно в природной среде. Они позволяют установить взаимосвязи организмов со средой, выявить экологические факторы среды и определить адаптации живого к среде.

Среди общенаучных методов выделяют наблюдение и описание, сравнительный метод, исторический метод, экспериментальный метод, метод моделирования, статистический метод и т.д.

Наблюдение и описание – методы неразделимые, заключаются в длительном отслеживании состояния объекта или явления и последующей записи, фиксирующей всевозможные его (их) изменения.

Сравнительный метод основан на анализе сходства и различия изучаемых объектов и явлений.

Исторический метод заключается в анализе хода развития исследуемого объекта.

Экспериментальный метод помогает изучать объекты и явления природы в заданных условиях.

Метод моделирования делает возможным описание объектов и явлений природы относительно простыми моделями, воссоздаваемыми в лабораторных условиях. Модель – абстрактное описание какого-то явления реального мира. Модели используются для прогнозирования динамики явления, для определения воздействия экологических факторов на объект, для оценки последствий антропогенного вмешательства в среду.

Статистический метод позволяет усреднять полученные данные, и тем самым получать более объективную информацию о количественных и меристических признаках изучаемых природных объектов и явлений.

Среди экологических методов в науке чаще сталкиваешься с методом мониторинга, микроскопическими методами исследования, методом изоферментного анализа, рентгеноструктурным анализом, методом биоморфологического анализа, методом группового анализа, методом морфофизиологических индикаторов, интродукционным методом, методами индикации загрязнения среды; с методами инвентаризации природных ресурсов, методом дистанци-

онного исследования экосистем, методом атомно-адсорбционной спектрофотометрии и др.

Мониторинг – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменения состояния окружающей среды под влиянием антропогенных факторов. Основные задачи мониторинговых исследований: наблюдение за состоянием биосферы; оценка и прогноз состояния природной среды; выявление факторов и источников антропогенных воздействий на окружающую среду и пр. Выделяют следующие типы мониторинга: глобальный (биосферный), геофизический, климатический, биологический, экологический. Основа сети глобального мониторинга – биосферные заповедники. Экологический мониторинг – основа глобального мониторинга, он включает наблюдения за различными компонентами биосферы, и в первую очередь за растительными и животными организмами.

Микроскопический метод позволяет оценивать воздействие факторов среды на организм на анатомическом уровне. Для исследований сегодня применяется не только световой микроскоп, но и электронный микроскоп, сканирующий микроскоп, и компьютерные микроскопические приставки.

Изоферментный анализ дает возможность определить ферменты у особей одного и того же вида, различающихся по морфолого-физиологическим признакам, с целью установления родства между ними. Наличие или отсутствие определенного изофермента широко используется как генетический маркер для определения принадлежности особи к определенной группе, а анализ частот изофермента одного белка – для определения границ популяций.

Рентгеноструктурный анализ используется для получения информации о микроструктуре аморфных объектов. Основан на возможности рентгеновских лучей проникать сквозь материалы. Широко используется сегодня для изучения структуры белковой молекулы и ее изменений под воздействием вирусов и мутагенов.

Биоморфологический анализ – определение состава и соотношения жизненных форм в конкретном таксоне или фитоценозе.

Метод группового анализа используется в целях характеристики таких признаков популяции, которые в силу относительно высокого варьирования у отдельных особей, не поддаются точному учету. Метод часто используется при определении возраста животных. Оценка признака производится путем изучения кривых его распределения в популяции.

Метод морфофизиологических индикаторов позволяет по отдельным показателям, установленным для организма, оценить общее состояние особи. Например, количество гемоглобина и эритроцитов, содержание протеинов в плазме могут свидетельствовать о недоедании животного.

Инвентаризация природных ресурсов – учет количества, качества, динамики запасов и степени эксплуатации естественных ресурсов. Инвентаризация включает картографирование объектов исследования, статистический учет и учет качественного состава, степень эксплуатации и определение режима охраны.

Индикация загрязнений среды – качественное обнаружение и количественное определение физико-химических веществ в объектах окружающей природной среды. Помимо ландшафтных индикаторов (снег, торф, вода) существуют биоиндикаторы, позволяющие определять степень загрязнения среды различными антропогенными токсикантами. Например, хвойные растения являются биоиндикаторами на кислые осадки, выбросы ТЭС, работающих на жидком и газообразном топливе. Нарушения хвойных пород фиксируются в радиусе 10-12 км от предприятия. В радиусе 3 км происходят их полное отмирание и замена мелколиственными породами. Сосна обыкновенная и ель европейская являются индикаторами на загрязнение воздуха диоксидом серы и фтористым водородом. Так, при загрязнении атмосферы диоксидом серы у сосны происходит побурение кончиков игл хвои.

Интродукция – комплекс работ по переносу растительных или животных объектов из дикого состояния в состояние культуры. Интродукция – начальный этап акклиматизации, являющейся одной из мер по обогащению местной флоры или фауны, и по сохранению биоразнообразия на конкретной территории.

Дистанционное исследование экосистемы – получение информации о природных экосистемах бесконтактными (телеметрическими) методами, с помощью спутников, самолетов, космических кораблей. Спутниковое дистанционное зондирование позволяет дать оценку степени воздействия антропогенных факторов на растительный покров суши; выявить влияние лесных пожаров на природные экосистемы; помогает определить первичную продуктивность и биомассу фитоценозов. Так, например, с помощью спутника «Космос» установлены состояние лесо-болотного комплекса Западной Сибири и степень воздействия на него хозяйственной деятельности человека.

Атомно-адсорбционная спектрофотометрия – комплекс методов, позволяющий в лабораторных условиях оценить содержание в биологических объектах любых элементов из таблицы Менделеева, в том числе содержание тяжелых металлов.

1.4. История становления и развития экологии как науки

Термин «Экология» появился значительно позднее времени рождения самой науки, которое датируется приблизительно III веком до нашей эры. Первыми экологами можно назвать поэтов и философов Древней Греции и Древнего Рима: Платона, Аристотеля, Теофраста, Сенеку, Плиния Старшего. Например, в трудах Аристотеля (385-322 гг. до н.э.) имеется классификация животных, основу которой составляют группы организмов, связанные обитанием в разных средах: водные, сухопутные, земноводные. В трудах Теофраста Эрезийского (371-280 гг. до н.э.) содержится много сведений по экологии растений. Именно он обрабатывал те растительные и частично животные материалы, которые привозил из своих завоевательных походов Александр Македонский. В главном труде своей жизни «Исследования о растениях» Теофраст излагает наблюдения за зависимостью формы роста растения от климата, почвы и способов возделывания.

Интуитивно Теофраст подразделяет растения на жизненные формы: деревья, кустарники, травы. Он замечает, что при пересадке растений из высокогорий на равнину меняется их облик, – они становятся больше и красивее на вид. В трудах крупнейшего адмирала римского флота и ученого-натуралиста Плиния Старшего (23-79 гг. н.э.) приводятся сведения по экологии наземных и водных животных, дикорастущих и сельскохозяйственных растений. Им описываются не только конкретные организмы, но и целые ландшафты, причем в состоянии динамики. Именно ему принадлежит первенство в описании извержения вулкана Везувия.

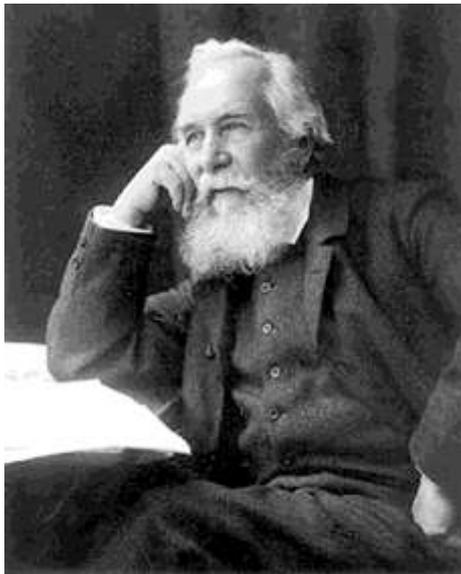
В эпоху Средневековья экологические знания можно найти в трудах Авиценны (980-1037), Альберта Великого (1206-1280) и Фридриха П. Гогенштауфена (XIII век). В трудах Авиценны (Ибн-Сины) содержится много сведений о культивировании лекарственных растений, их отношении к фактору увлажнения, свету и температуре. Авиценна не только занимался врачеванием, он, по сути, был популяризатором идей Аристотеля. Альберт Великий, также

испытывавший на себе влияние идей древнегреческого ученого, главное внимание уделял изучению морфологических и физиологических особенностей растений. Он первым описал явление «зимнего сна» у растений. Особенности размножения и роста растений он ставил в зависимость от условий местообитания, особенностей почв и количества солнечного тепла. Германский император Фридрих II Гогенштауфен был заядлым охотником и в то же время описывал анатомические особенности птиц. Им также была отмечена закономерность морфологической изменчивости теплокровных животных в зависимости от низких температур. Впоследствии это наблюдение положили в основу правила Бергмана, в соответствии с которым размеры тела северных животных изменяются в направлении уменьшения теплоотдачи, что выражается в укорочении выступающих частей тела животного – ушей, морды, ног.

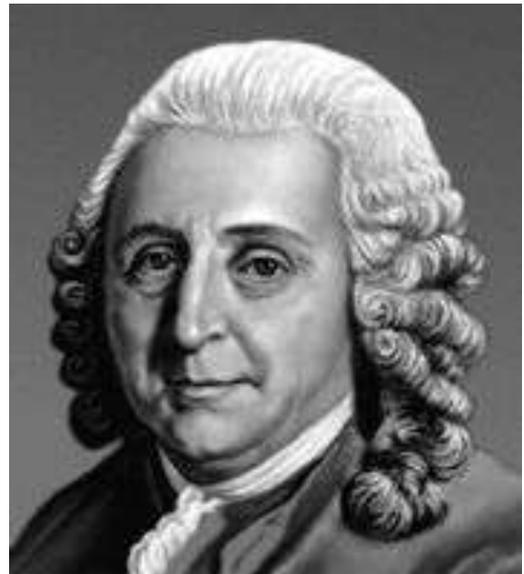
Во времена Возрождения экологический оттенок имели труды таких естествоиспытателей, как Френсис Бэкон, Роберт Бойль, Франческо Реди, Джон Рей.

Без сомнения зарождение науки в XVIII-XIX веках связано с такими именами, как К. Линней (1707-1778), Ж.Б. Ламарк (1744-1829), А. Гумбольдт (1769-1859), К. Рулье (1814-1858), Н.А. Северцов (1827-1885), А.Ф. Миддендорф (1815-1894), Ч. Дарвин (1809-1882), Э. Геккель (1834-1919), В.В. Докучаев (1846-1903) и др.

В XVIII-XIX столетии большой вклад в накопление фактического материала и развитие экологических воззрений внесли натуралисты и естествоиспытатели России: И.Г. Гмелин (1709-1755); В.Ф. Зуев (1754-1794); С.П. Крашенинников (1711-1755); И.И. Лепехин (1740-1802); П.С. Паллас (1741-1811); Г.В. Стеллер (1709-1746). Участвуя в академических экспедициях по России, они изучали жизнь животных и растений в различных природных условиях Урала, Сибири, Дальнего Востока. Среди перечисленных ученых наиболее ценные материалы по экологии собрал В.Ф. Зуев. Естествоиспытатель-самородок, солдатский сын, ставший впоследствии академиком Российской Академии наук, изучал влияние температуры окружающей среды на температуру тела животных, ведущих различный образ жизни. В.Ф. Зуев – автор первого российского учебника по естествознанию. В начале XIX века в связи с бурным накоплением данных в области биологии происходит вычленение из ее недр ботаники и зоологии.



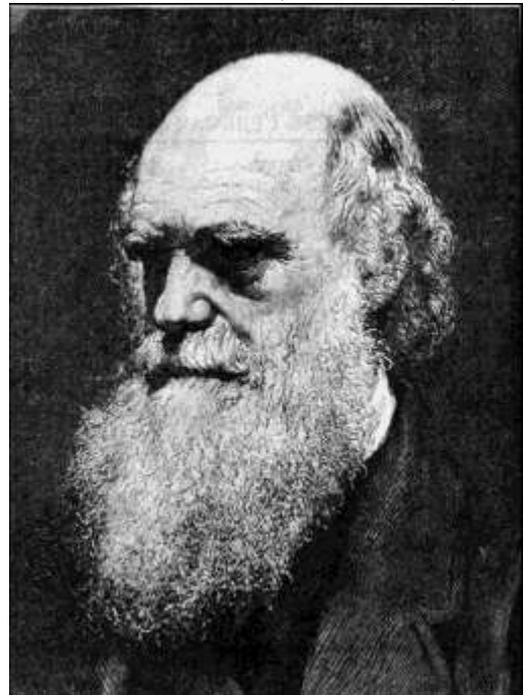
Э. Геккель (1834-1919)



К. Линней (1707-1778)



А. Гумбольдт (1769-1859)



Ч. Дарвин (1809-1882)

К. Линней – великий натуралист, посвятил свою жизнь идее создания системы о разнообразии живых организмов. Заслугой ученого является введение в науку бинарной номенклатуры. Он же стал использовать при обозначении организмов латинский язык. В труде «Экономия природы» Линней указывал на связь организмов с условиями среды. Он считал, что в природе существует равновесие, которое поддерживается гибелью организмов, выразив эту мысль точнее, – гибель одного организма делает возможным существование других.

Ж.Б. Ламарк – выдающийся биолог-эволюционист, задолго до Ч. Дарвина в труде «Философия природы» выдвинувший свою концепцию исторического развития организмов. В основу большинства работ ученый заложил идею об адаптации видов к условиям существования. Он писал о переработке неорганического вещества на планете живыми организмами. Ламарк различал несколько функциональных групп организмов, тех которые производят органическое вещество, и тех, которые его перерабатывают.

А. Гумбольдт – великий путешественник, разработал концепцию о физиономических типах организмов, фактически о жизненных формах растений. Одним из первых среди ученых пришел к понятию биосферы. Ученый обосновал идею горизонтальной зональности и высотной поясности растительности, сформулировал мысль о том, что высотная поясность есть повторение широтной зональности при движении с юга на север. Он писал о необходимости построения целостной картины мира. Гумбольдт лично посетил Северную и Южную Америку, был в Центральной Европе, Китае, несколько раз в России (в том числе на Урале и в Сибири). Своими трудами Гумбольдт фактически создал новую науку – географию растений. Весь растительный покров Земли он делил на растительные области, выделение которых ставил в зависимость от климатических факторов. Причины современного распределения животных и растений по поверхности Земли он связывал с современными условиями их существования и с прошлым планеты.

Ч. Дарвин, опираясь на идеи Мальтуса, создал учение об естественном отборе, который исключает перенаселение в природе за счет дифференцированного выживания и размножения особей и одновременно служит основным механизмом адаптации организмов к условиям среды. В главном труде своей жизни «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» Дарвин показал, что «борьба за существование» является движущим фактором эволюции. Ученый сформулировал понятие об искусственном отборе, который человек ведет с утилитарных позиций. Он также высказал мысль о том, что в ходе искусственного отбора сорта растений и породы животных теряют свою приспособленность к жизни в естественных условиях и не могут вернуться в дикую природу.

Без сомнения, работы российских ученых XIX века внесли немалый вклад в экологию. Академик Александр Федорович Мидден-

дорф был зоологом широкого диапазона. Основные материалы для своих научных построений он собрал в Северной и Восточной Сибири, куда по поручению РАН в 1842-1844 годах он проделал большое и трудное путешествие. Целью этой поездки была не только инвентаризация фауны позвоночных этого региона, но и изучение условий существования животных в арктических и субарктических районах Сибири, исследование особенностей их строения и образа жизни. Ученый анализировал особенности строения покровов и окраски северных животных в связи с климатическими условиями. Большое внимание А.Ф. Миддендорф уделял вопросам размножения северных видов. Одним из первых в России ученый положил начало применению к зоологическим объектам учения А. Гумбольдта о жизненных формах.

Карл Францевич Рулье и его ученик и последователь Николай Алексеевич Северцов работали в МГУ. Они продолжили исследования А.Ф. Миддендорфа, однако подходили к проблемам с эволюционных позиций. По сути своей деятельности К.Ф. Рулье был первопроходцем. Можно сказать, что именно ему принадлежит заслуга разработки общих концепций современной экологии, постановки задачи о всестороннем изучении и объяснении жизни животных в ее сложных взаимоотношениях с окружающим миром. Всего К.Ф. Рулье было написано 126 сочинений. Среди них: «О влиянии наружных условий на жизнь животных», «Сомнения в зоологии как науке», «Общая зоология», которые являются общепризнанными научными исследованиями. В одном из своих трудов К.Ф. Рулье изложил свое понимание того, как надо изучать жизнь животных. Изучение жизни животных, писал автор, надо проводить в двух направлениях. Согласно одному, изучать жизнь особи индивидуальную, то есть выбор пищи, постройка жилища, географического размещения. Согласно другому, «групповому» – изучать надо взаимоотношения родителей и потомства, уход за птенцами, отношение животного к животным одинакового с ним вида, отношение к прочим животным, отношение животного к растениям, и наконец, отношение животных к человеку и человека к животным. К.Ф. Рулье рассматривал периодичность в явлениях жизни животных (суточные, сезонные, погодичные). Очень много внимания ученый-зоолог уделял вопросам эволюции и вымирания видов животных. Существенно то, что К.Ф. Рулье обращал внимание на необходимость изучения микроэволюции: изменений особей и того, что теперь называется популяцией.

Деятельность Н.А. Северцова была связана как с его работой в МГУ, так и с экспедициями с 1837 по 1853 год в Воронежскую губернию и с 1856 по 1879 год в Среднюю Азию. Н.А. Северцов полагал, что основной задачей изучения мира животных представляется исследование их образа жизни и их отношения к внешним условиям.



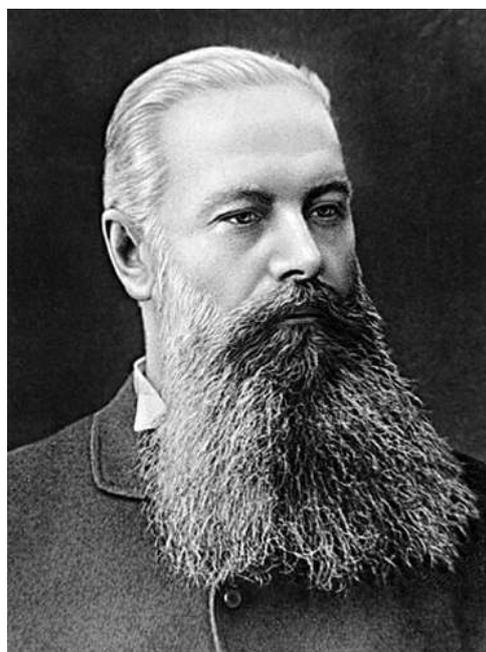
Ж.Б. Ламарк (1744-1829)



К.Ф. Рулье (1814-1858)



А.Ф. Миддендорф (1815-1894)



В.В. Докучаев (1846-1903)

В своих работах Н.А. Северцов на фоне анализа внешних условий разбирает явления миграций, сезонного и биотопического размещения, а также размножение и линьку позвоночных животных. Анализируя фауну Воронежской губернии, Н.А. Северцов подходит к экологической классификации животных по жизненным типам или жизненным формам. Он первым говорит о необходимости установления корреляций между продолжительностью жизни вида и плодовитостью и т.п. Н.А. Северцов высказал ряд предположений о связи климатических условий обитания животных с формообразованием и был одним из очень немногих зоологов того времени, который внимательно учитывал географический критерий вида. Он одним из первых использовал анализ внутривидовой изменчивости. Им было дано объяснение явлений миграций и различных перемещений животных на большие расстояния (приведено по: Дементьев Г.П., 1970).

В.В. Докучаев рассматривал почву как природно-историческое тело, результат взаимодействия комплекса факторов почвообразования, главными из которых являются климат, растительность, животные и материнская порода. Большую роль в почвообразовании играют также возраст территории и ее рельеф. По сути своих высказываний ученый стоял у истоков генетической классификации почв. Он описал почвы России от подзолов до серых лесных и черноземов – от каштановых до бурых пустынных почв.

В XIX веке экология по своей сути являлась биологической наукой. Э. Геккель под экологией понимал «общую науку об отношениях организмов с окружающей средой, куда входят в широком смысле все условия существования. Они частично органической, частично неорганической природы; но как те, так и другие имеют весьма большое значение для форм организмов, так как они принуждают их приспособляться к среде. Каждый организм имеет среди остальных своих друзей и врагов, таких, которые способствуют его существованию, и тех, что ему вредят. Организмы, которые служат пищей остальным или паразитируют в них, во всяком случае, относятся к данной категории органических условий существования» (Шилов, 1998).

Появление в биологической науке нового термина «экология» послужило толчком для развития самостоятельной науки – экологии. С этого времени экология, обособившись от других биологических дисциплин – ботаники, зоологии, географии растений и жи-

вотных, начинает свое быстрое развитие. Это развитие характеризуется, в том числе появлением нового экологического терминологического аппарата. Так, в 1877 году немецкий гидробиолог К. Мебиус (1825-1908), изучая условия жизни устриц в Северном море, впервые сформулировал понятие биоценоза – сообщества разных видов, особи которых теснейшим образом связаны друг с другом и непрерывно владеют определенной территорией. В 1895 году датский исследователь Е. Варминг (1841-1924) в книге «Ойкологическая география растений» сформулировал основы экологии растений, ее предмет и задачи, доказав, что новую науку вполне можно считать самостоятельной.



К. Мебиус (1825-1908)



А. Тенсли (1871-1955)

В России в данный период развивается новое научное направление – фитоценология. Основы этой науки были сформулированы Г.Ф. Морозовым (1867-1920) и В.Н. Сукачевым (1880-1967). Сначала Г.Ф. Морозов в труде «Учение о лесе» определил лес как «общество – биоценоз живых существ (растений и животных), взаимно приспособленных друг к другу и к окружающей среде». Затем В.Н. Сукачев на базе учения о лесе развил идею биогеоценологии. Термином «биогеоценоз» он назвал сообщество животных и растений вместе с соответствующими ему условиями почвы и атмосферы. В.Н. Сукачев создал Ленинградскую школу исследователей, успешно разработавшую учение о биогеоценозе как о едином комплексе автотрофных и гетеротрофных организмов и компонентов их абиотического окружения (почвы, атмосферы), в котором они взаимодействуют друг с другом.

Одновременно в Англии близкие проблемы экологии изучал профессор Кембриджского университета А. Тенсли (1871-1955). В 1935 году он ввел в литературу термин «экосистема», понимавшийся как совокупность сосуществующих видов и условий среды их обитания. Термин «экосистема» прочно вошел в научный обиход. В дальнейшем была сформулирована концепция экологической сукцессии – процесса изменения состава экосистемы под влиянием жизнедеятельности составляющих ее организмов и климакса как устойчивого равновесного с климатом состояния, к которому «стремится» любая экосистема. Данные термины были сформулированы Ф. Клементсом (1874-1945) и в дальнейшем развиты А. Тенсли и Р. Уиттекером.

Приблизительно в это же время в России появляется классификация Л.Г. Раменского (1884-1953) отражающая отношения видов к благоприятности условий среды, в соответствии с которой он делит организмы на ценобиотические группы, названные им виолентами, пациентами и эксплерентами. В 1930-е годы В.И. Вернадский (1864-1945) разрабатывает концепцию биосферы как живой оболочки планеты. Именно в ней гениальному русскому ученому удается обосновать геологическую роль живого в эволюции Земли. В те же 1930-е годы профессором Оксфордского университета Ч. Элтоном (1900-1990) формулируется концепция экологической ниши, понимаемой как «профессия» вида, включающая место «работы», ресурсы, необходимые для выполнения «работы», график «работы», тип выпускаемой «продукции» и характер отношений с другими «работниками», участвующими в совместном «производственном» процессе. Ч. Элтон также развивает популяционную экологию, считая, что главной задачей экологии является изучение динамики численности особей в популяции.

В XX веке из биологической дисциплины экология становится междисциплинарным комплексом. В 1910 году на III Международном ботаническом конгрессе, проходившем в Брюсселе, экологию делят на два раздела: экологию особей (аутэкологию) и экологию сообществ (синэкологию). Под экологией также понимают науки, изучающие влияние человека и его деятельности на окружающую среду. Появляются глобальная и региональная экологии, экология человека, прикладная экология, медицинская экология, промышленная и сельскохозяйственная экология, экология питания, этноэкология и социальная экология. В 1980 году в книге «Экологические закономерности эволюции» академик С.С. Шварц

пишет: «Экология – наука о жизни природы возникла как учение о взаимосвязи организма и среды. Постепенно она трансформировалась в науку о структуре природы, о том, как функционирует живой покров планеты в его целостности». По мнению Шварца, экология все более и более становится теоретической основой, определяющей поведение человека индустриального общества в природе. В конце 1980-х годов возникают экологическое право и экология культуры. И все это происходит на фоне уже существующих с 1920-х годов экологии растений и экологии животных, а также появившейся чуть позднее экологии микроорганизмов. Любопытно, что наряду с дифференциацией науки, способствующей тому, что возникли самостоятельные научные направления, изучающие экологию отдельных таксонов, например, экологию моллюсков, или экологию голосеменных, происходила интеграция, приведшая к появлению смежных наук, таких как биоэкология, геоэкология, экология почв, и т.д. В последнюю четверть XX века выходят монографии и учебники по экологии, среди которых необходимо отметить следующие: «Глобальная экология» М.И. Будыко (1977); «Популяционная экология» А.М. Гилярова (1990); «Экология растений» Т.К. Горышиной (1978); «Экология» Ф. Дре (1976); «Экология» Ю. Одума (1986); «Общая экология» И.Н. Пономаревой (1994); «Экология» Р. Риклефса (1979); «Экология» Н.М. Черновой, А.М. Быловой (1988, 2004); «Экология и контроль состояния природной среды» Ю.А. Израэль (1984); «Человек и ноосфера» Н.Н. Моисеева (1990); «Экология. Особи, популяции и сообщества» М. Бигона, Дж. Харпера, К. Таунсенда (1989); «Наука об окружающей среде» Б. Небел (1993); «Региональная экология» В.Н. Большакова, Г.И. Таршиса, В.С. Безеля (2000); «Основы общей экологии» Б.М. Миркина, Л.Г. Наумовой (2005). В последнем учебнике, в разделе, посвященном современному периоду развития экологии, отмечается, что многие экологические законы, выявленные на протяжении XIX-XX веков, имеют ограниченные области экстраполяции. Оказалось, что принцип экологической индивидуальности видов и их независимого распределения по градиентам среды в соответствии с симметричной колоколовидной кривой оказался не соответствующим действительности. Наиболее продуктивными и богатыми видами, как установлено сегодня, могут быть не только климаксовые сообщества, но и те, которые находятся на одном из этапов сукцессионной серии. Сами сукцессии, как уже подтверждено многочисленными фактами, оказались стохастическими, а не жестко детерминирован-

ными процессами, в ходе которых виды сменяют друг друга в четкой последовательности (в ходе сукцессии не обязательно происходят улучшение условий, повышение биологической продукции и видового разнообразия, – возможно ухудшение условий среды и соответственно снижение биологической продукции и видового богатства). Далее стало ясно, что математической модели «хищник – жертва», предложенной А.Д. Лоткой и В. Вольтеррой, и заключающейся в том, что при пульсации численности популяций жертв и хищников пики численности хищников запаздывают по отношению к пикам численности их жертв, – отказались подчиняться большинство пар хищников и жертв в реальных экосистемах. Во-первых, хищники, как правило, переключаются на потребление других жертв, во-вторых, на динамику численности популяций хищников и жертв действует множество других факторов, которые не учтены моделью (паразиты, биоритмы и т.д.). «Число Р. Линдемана», характеризующее эффективность перехода энергии с одного трофического уровня на другой, может превышать 10%, и значительно, т.е. на высших трофических уровнях даже достигать 50%. Принцип конкурентного исключения не универсален, – в одной экологической нише при наличии сдерживающего фактора, виды могут сосуществовать, и т.п. Далее авторы резюмируют, что к концу XX века стала очевидной сложность создания системы «универсальных законов» экологии, и родилась новая «универсальная методология». Внимание исследователей переключилось на изучение более частных пространственных и временных закономерностей, «механизмов» организации популяций и экосистем (Миркин, Наумова, 2005).

Контрольные вопросы

1. Почему современная экология – это не одна наука, а междисциплинарный научный комплекс?
2. Что изучает общая экология?
3. Что такое экологизация знаний, чем она обусловлена?
4. Когда началось математическое моделирование в экологии? Какова роль математики в современной экологии?
5. В чем состоит особенность современного периода развития экологии? Каковы задачи экологии на современном этапе?

Лабораторная работа 1. Оценка экологического состояния окружающей среды по асимметрии листьев

В основу методики, используемой при выполнении данной работы, положена теория «стабильности развития» («морфогенетического гомеостаза»), разработанная российскими учеными А.В. Яблоковым, В.М. Захаровым и другими в процессе исследований последствий радиоактивного заражения, в том числе после Чернобыльской аварии. Эти ученые доказали, что стрессирующие воздействия различного типа вызывают в живых организмах изменения гомеостаза (стабильности) развития, которые могут быть оценены по нарушению морфогенетических процессов.

Главными показателями изменений гомеостаза морфогенетических процессов являются показатели флуктуирующей асимметрии – ненаправленных различий между правой и левой сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией. Такие различия обычно являются результатом ошибок в ходе развития организма. При нормальных условиях их уровень минимален, возрастает при любом стрессирующем воздействии, что и приводит к увеличению асимметрии.

Особенностью стабильности развития является то, что она в большой степени зависит от общей генетической перестройки организма, что особенно важно при оценке последствий радиационного воздействия.

Оценка флуктуирующей асимметрии билатеральных организмов хорошо зарекомендовала себя при определении общего уровня антропогенного воздействия. Традиционные методы, оценивающие химические и физические показатели, не дают комплексного представления о воздействии на биологическую систему, тогда как биоиндикационные показатели отражают реакцию организма на все многообразие действующих на него факторов, имея при этом биологический смысл.

Оптимальным объектом биоиндикации антропогенных воздействий данным методом являются растения. Животные, особенно высшие, подходят для биоиндикации подобного рода в меньшей степени. Во-первых, они намного сложнее организованы и стабильность их развития зависит от большего числа факторов. Во-вторых, они находятся на более высоких ступенях пищевой пирамиды и менее подвержены загрязнению почвенной и воздушной сред. Наконец, живот-

ные подвижны и в меньшей степени связаны с конкретным участком территории.

Растения же как продуценты экосистемы в течение всей своей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию почвенной и воздушной сред, наиболее полно отражающих весь комплекс стрессирующих воздействий на экосистему.

Работа начинается с выбора точек исследования – четырех-пяти площадок, желательно находящихся на одной линии по мере удаления от потенциального источника загрязнения в вашей местности – населенного пункта, промышленного предприятия или автомагистрали. Желательно располагать площадки по линии преобладающих ветров – в ту сторону, куда ветер сносит потенциальные загрязняющие вещества.

Дистанция между площадками зависит от мощности источника загрязнения. Если это большой населенный пункт с промышленными предприятиями и многочисленным автотранспортом, то расстояния между площадками могут быть в пределах 1 км (дальняя площадка будет удалена от города на 5 км). Если это, например, небольшая котельная, работающая на угле, то расстояния между площадками могут быть в пределах 400-800 м. Если это автотрасса – то 20-200 м (в зависимости от интенсивности потока автотранспорта).

Для выполнения полевой работы студенты разбивают на группы по 2-3 человека, каждой из которых, преподаватель дает задание обследовать одну из выбранных на местности площадок.

Теоретически, как было уже сказано во введении, исследования флуктуирующей асимметрии можно проводить на любых билатеральных (симметрично организованных) объектах – будь то животные или растения. Однако, чем проще устроен организм и чем он крупнее, тем проще проводить измерения. Исходя из этого удобным для организации подобных исследований модельным объектом являются листья листопадных деревьев. Это могут быть такие виды деревьев, как клены, тополя или березы.

Проводить сбор материала можно после завершения интенсивного роста листьев до периода опадения листвы. Сбор листьев должен проводиться с растений, находящихся в примерно одинаковых экологических условиях по уровню освещенности, влажности, типу биотопа. Например, одна из площадок сбора не должна находиться на опушке, а другая – в лесу.

Для анализа используют только средневозрастные растения, избегая молодые экземпляры и старые.

Сбор листьев производится с 10 близко растущих деревьев – по 10 листьев с каждого дерева, всего – 100 листьев с одной площадки.

Листья берутся из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток (рис. 2). При этом стараются задействовать ветки разных направлений, условно – с севера, юга, запада и востока.

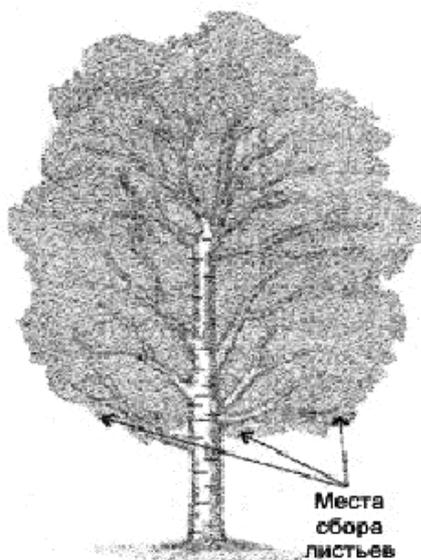


Рисунок 2 – Места сбора листьев

Листья стараются брать примерно одного, среднего для данного вида размера. Листья с одного дерева связывают ниткой по черешкам и складывают в пакеты. Каждый пакет (выборка) снабжается этикеткой, на которой указывают дату, место сбора (делая максимально подробную привязку на местности) и номер площадки, а также автора (авторов) сбора.

Проведя полевые сборы, группы студентов начинают обработку собранного материала, обобщая результаты.

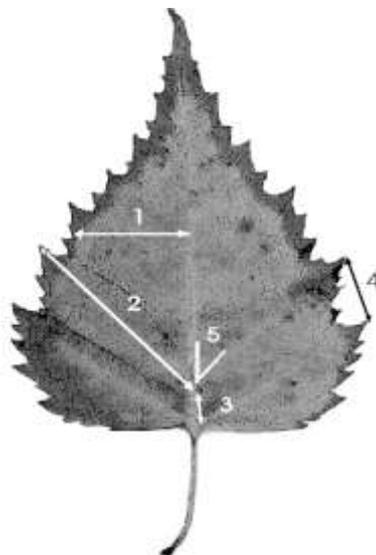
Цель работы: произвести экспресс-оценку качества окружающей среды по флуктуирующей асимметрии листовой пластины травянистых и древесных форм растений.

Оборудование, реактивы, материалы: курвиметр (линейка), транспортер, гербарий (фото) листьев или свежие листья, индивидуальное задание.

Ход работы

1. В лабораторных условиях с каждого листа снимите показатели по пяти параметрам (рис. 3).

Выполните следующие операции. Для измерения лист растения поместите перед собой брюшной (внутренней) стороной вверх. Брюшной стороной листа называют сторону листа, обращенную к верхушке побега. С каждого листа снимите показатели по пяти промерам с левой и правой сторон листа.



*Рисунок 3 – Схема морфологических признаков, использованных для оценки стабильности развития березы повислой (*Betula pendula*):*

1 – ширина левой и правой половинок листа. Для измерения лист складывают пополам, совмещая верхушку с основанием листовой пластинки. Потом разгибают лист и по образовавшейся складке измеряют расстояние от границы центральной жилки до края листа; 2 – длина жилки второго порядка, второй от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих же жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка

Для исследований требуются циркуль-измеритель, линейка и транспортир. Промеры 1-4 снимаются циркулем-измерителем, угол между жилками (признак 5) измеряется транспортиром. Для этого центр основания окошка транспортира совместите с точкой ответвления второй жилки второго порядка от центральной жилки. Эта точка соответствует вершине угла.

Кромку основания транспортира надо совместить с лучом, идущим из вершины угла и проходящим через точку ответвления третьей жилки второго порядка. Вторым лучом, образующим измеряемый угол, получают, используя линейку. Этот луч идет из вершины угла и проходит по касательной к внутренней стороне второй жилки второго порядка.

2. Результаты исследований занесите в таблицу (см. табл. 1). Произведите расчет средней относительной величины асимметрии листа (см. табл. 2).

Для мерных признаков величина асимметрии у растений рассчитайте как различие в промерах слева и справа, отнесенное к сумме промеров на двух сторонах. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса мерных признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывается как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенное к числу используемых признаков. Такая схема обработки используется для растений. В таблицах 1-2 на примере березы приводится расчет средней относительной величины асимметрии на признак для 5 промеров листа у 10 растений.

Таблица 1 – Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием мерных признаков (промеры листа)

№ п/п	Номер признака*									
	1		2		3		4		5	
	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа
1	18	20	32	33	4	4	12	12	46	50
2	20	19	33	33	3	3	14	13	50	49
3	18	18	31	31	2	3	12	11	50	46
4	18	19	30	32	2	3	10	11	49	49
5	20	20	30	33	6	3	13	14	46	53
6	12	14	22	22	4	4	11	9	39	39
7	14	12	26	25	3	3	11	11	34	40
8	13	14	25	23	3	3	10	8	39	42
9	12	14	24	25	5	5	9	9	40	32
10	14	14	25	25	4	4	9	8	32	32

*Описание признаков см. рис. 3.

Сначала для каждого промеренного листа вычислите относительные величины асимметрии для каждого признака по формуле (1). Для этого модуль разности между промерами слева (L) и справа (R) разделите на сумму этих же промеров:

$$|L-R|/|L+R|. \quad (1),$$

Например, лист №1 (табл. 1), признак 1:

$$|L-R|/|L+R| = |18-20|/|18+20| = 2/38 = 0,052.$$

Полученные величины занесите во вспомогательную таблицу 2 в графы 2-6.

Затем вычислите показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммируйте значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и разделите на число признаков.

Например, для листа №1 (см. табл. 2):

$$(0,052+0,015+0+0+0,042)/5=0,022.$$

Результаты вычислений занесите в графу 7 вспомогательной таблицы.

На последнем этапе вычислите интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычислите среднюю арифметическую всех величин асимметрии для каждого листа (значение графы 7). Это значение округлите до третьего знака после запятой. В нашем случае искомая величина равна $(0,022+0,015+0,057+0,061+0,098+0,035+0,036+0,045+0,042+0,012)/10=0,042$.

Таблица 2 – Образец вспомогательной таблицы для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии в выборке (пример заполнения таблицы)

№ п/п	Номер признака						Величина асимметрии листа
	2	3	4	5	6	7	
1	0,052	0,015	0	0	0,042	0,022	
2	0,026	0	0	0,037	0,010	0,015	
3	0	0	0,2	0,044	0,042	0,057	
4	0,027	0,032	0,2	0,048	0	0,061	
5	0	0,048	0,33	0,037	0,071	0,098	
6	0,077	0	0	0,1	0	0,035	
7	0,077	0,019	0	0	0,081	0,036	
8	0,037	0,042	0	0,111	0,037	0,045	
9	0,077	0,020	0	0	0,111	0,042	
10	0	0	0	0,059	0	0,012	
Величина асимметрии в выборке						X=0,042	

Задание. Проведите экспресс-оценку загрязнения окружающей среды по изучению флуктуирующей асимметрии листьев. Сделайте вывод о качестве среды обитания живых организмов в соответствии с таблицей. Составьте карту состояния окружающей среды для города.

Ответьте письменно на контрольные вопросы.

Таблица 3 – Шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы (Захаров В.М., 2000)

Балл	Качество среды	Величина показателя стабильности развития
I	Условная норма	< 0,040
II	Растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов	0,040-0,044
III	Загрязненные районы	0,045-0,049
IV	Сильно загрязненные районы	0,050-0,054
V	Крайне неблагоприятные условия, растения находятся в сильно угнетенном состоянии	> 0,054

Контрольные вопросы

1. Что такое флуктуирующая асимметрия?
2. Какие организмы могут быть использованы в данном методе?
3. Какие факторы окружающей среды влияют на показатель асимметрии живых организмов?
4. Что такое биоиндикация?
5. Назовите оптимальные объекты для биоиндикации антропогенных воздействий.

Тема 2. СРЕДЫ ЖИЗНИ. ВНУТРИВИДОВЫЕ И МЕЖВИДОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ

2.1. Общая характеристика среды обитания организмов. Классификация сред

Среда обитания – часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них определенное воздействие. Форма тела живых существ тесно связана с их образом жизни и с условиями той среды, в которой они обитают. Сравните листья деревьев, произрастающих в листопадном лесу, с листьями видов, растущих в пустыне. Первые – обычно широкие и тонкие, что создает обширную поверхность для поглощения света и потери воды. У деревьев, растущих в пустыне, листья мелкие, перисто-расчлененные, а иногда (как у кактусов и некоторых молочаев) их нет вовсе. Солнце пустыни нагревает листья. Потеря тепла в результате конвекции происходит быстрее всего по краям; поэтому, чем больше краев, тем прохладнее лист и тем меньше потери воды. При малых размерах края листа составляют большую часть его поверхности. Такая зависимость между размером листьев и количеством влаги наблюдается у большинства видов, хотя имеются и некоторые исключения. Например, в горах Аризоны на небольших высотах растут дубы с мелкими листьями, а с увеличением высоты величина листовых пластинок у *Quercus gambelii* увеличивается, становясь такой же, как у дубов, растущих в листопадных лесах. Безусловно, такие крупные листья не могут противостоять высыханию, поэтому зимой, когда почвенная вода замерзает и становится недоступной растениям, деревья просто сбрасывают листву. Листья могут покрывать стебли растений только в период дождей, а потом они сбрасываются, и фотосинтез осуществляется зелеными стеблями, например, у некоторых кустарников в пустыне Сонора листья на побегах держатся 2-3 недели в году (приведено по Риклефсу Р., 1979).

На планете выделяют 4 среды: водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную.

Водная среда

Вода характеризуется рядом специфических свойств: высокая теплоемкость, подвижность, прозрачность. Данная среда относительно гомогенна, она довольно постоянна во времени и пространстве (хотя в водной среде, так же как и на суше существует зональность). На характер распределения водных организмов оказывают

влияние плотность, соленость, световой режим и пр. Так, плотность определяет условия передвижения организмов, причем некоторые из них (головоногие моллюски, ракообразные, иглокожие, погонофоры), обитающие на больших глубинах, могут переносить давление до 500 атм. При погружении на каждые 10 м давление повышается на 1 атмосферу. Высокая плотность воды обеспечивает возможность опираться на нее, что особенно важно для бесскелетных форм, образующих планктон. Очень важным фактором является соленость: пресноводные формы не могут жить в морях, а типично морские – не переносят опреснения. Однако есть организмы такие, как сельдь и лосось, которые живут в океане, а на нерест заходят в реки. Температура в морских глубинах отличается постоянством (3-4°C). Однако на поверхности амплитуды достигают 15°C. Любопытно, что в водах Антарктики живут рыбы-белокровки, имеющие не красную, а белую кровь, это особая адаптация, связанная с тем, что кислород по телу рыбы переносится не гемоглобином, а кровяной плазмой. Вследствие редукции эритроцитов вязкость крови уменьшается, что обеспечивает достаточное кровообращение при жизни в высоких широтах. С глубиной меняется и освещенность. Водоросли в океане могут обитать на глубинах не более 20-40 м, но если прозрачность воды выше, то глубина произрастания бурых и красных водорослей увеличивается до 270 м (приведено по: Вронский В.А., 1996). Разные лучи солнечного света поглощаются неодинаково: быстрее поглощаются красные и оранжевые лучи, хуже – зеленые, синие и фиолетовые. Поэтому до больших глубин проникают лишь сине-зеленые, голубые и сине-фиолетовые лучи. Вода – хороший растворитель. Поэтому в озерах и океанах, а также в подземных водах содержится раствор различных солей. В пресных водах их не более 0,5 г на 1 л, а в морских до 40 г на 1 л. Воде свойственна слабая аэрация (кислорода в ней содержится в 20 раз меньше, чем в атмосфере). Всех обитателей водной среды называют гидробионтами. У них имеется целый ряд специфических адаптаций, позволяющих выживать в гидросфере. Это обтекаемая форма тела, плавучесть, развитые слизистые покровы, наличие воздухоносных полостей, осморегуляция. В водной среде выделяют дно (бенталь), толщу воды (пелагиаль), береговую часть (литораль). Обитателей бентали именуют бентосом. В пелагиали можно выделить характерные формы живого: планктон – пассивно плавающие формы живого (фито- и зоопланктон); нектон – активно плавающие крупные формы; нейстон – обитателей поверхностной пленки воды.

Наземно-воздушная среда

Среда характеризуется обилием света и кислорода. Она очень динамична во времени и пространстве. На поверхности суши выделяют климатические и высотные пояса, природные зоны. В наземно-воздушной среде возможные резкие перепады температуры в зависимости от сезона, времени суток и географического положения. Влажность зависит от климатического пояса, степени удаленности от океана, ветра. Живые организмы способны некоторым образом модифицировать параметры среды. Для всех обитателей наземно-воздушной среды характерны следующие адаптации: наличие опорного скелета и механизмов регуляции гидротермического режима; освобождение полового процесса от воды; защитные механизмы от дефицита тепла и влаги. В данной среде наблюдается самый высокий уровень биоразнообразия.

Почвенная среда

Почва – поверхностный слой земной коры (коры выветривания), который образуется в результате взаимодействия растительности, животных, микроорганизмов, горных пород и является самостоятельным природным образованием. Важнейшим свойством почв является их плодородие, т.е. способность обеспечивать рост и развитие растений. Среда характеризуется четырехфазностью, отсутствием света, высокой плотностью и гетерогенностью в пространстве. Почва – гигантская экосистема, участвующая в глобальном круговороте веществ. У организмов, живущих в почвенной среде, сложились следующие адаптации: вальковатая форма тела, гладкая поверхность, хорошо развитая мускулатура и копательный аппарат. Для многих почвенных жителей характерны микроскопические размеры и редукция зрения. Толщина почвенного слоя на равнинах составляет 1,5-2 м (до 5 м), в горах менее 1 м. В почве выделяют почвенные горизонты. Чаще их 3: перегнойно-аккумулятивный, элювиальный (горизонт вымывания), иллювиальный (горизонт вмывания). Сверху находится дернина, или лесная подстилка, или луговой и степной войлок. Снизу расположена материнская порода. На количество горизонтов влияют климатические условия. В пространстве почвы подразделяются на почвенные провинции.

В почвенном покрове материков хорошо выражена горизонтальная зональность.

Организменная среда

Одна из самых древних сред. Характеризуется наибольшим постоянством в пространстве и времени, постоянством температурного и солевого режимов, отсутствием угрозы высыхания и защищенностью от врагов. Наряду с этим для среды характерны отсутствие света, нехватка кислорода и жизненного пространства. Может быть как жидкой (кровь, лимфа), так и твердой (кости, мышцы). Для обитателей этой среды характерны следующие адаптации: выработка защиты от переваривания хозяином; коадаптация паразита и хозяина; синхронизация биоритмов; редукция зрения и пищеварительной системы; усиление размножения и системы укрепления в организме хозяина. Организменная среда заселяется паразитами и симбионтами, которые могут быть как внешними, так и внутренними. Они могут быть облигатными или факультативными. Для многих характерны сложные циклы развития, часто со сменой одного или нескольких промежуточных хозяев.

2.2. Классификация и основные закономерности действия экологических факторов

Свойства среды, воздействующие на организмы, называют экологическими факторами. Существует множество классификаций экологических факторов среды. Одна из наиболее распространенных – по источнику происхождения фактора среды – позволяет подразделить их на абиотические, биотические и антропогенные факторы.

Совокупность абиотических факторов в пределах одного участка называется экотопом.

Вся совокупность факторов, включая биотические, носит название биотопа.

Абиотические факторы – элементы неживой природы, воздействующие на организмы. Их подразделяют на климатические (свет, температура, осадки, ветер и т.п.), орографические (совокупность неровностей земной поверхности, факторы, связанные с особенностями рельефа), эдафические (почвенно-грунтовые факторы: механический состав, плотность, гранулометрический состав, водный и температурный режимы и т.д.), химические (соленость воды, кислотность почв), физические (радиоактивность, магнетизм, давление, шум).

Абиотические факторы во многом определяются географическим положением экотопа, то есть его географической широтой и долготой, а также высотной поясностью. Абиотические факторы могут быть прямыми (например, влияние температуры или влажности воздуха на организм) и косвенными (например, положение особи в пространстве, то есть на определенной широте и долготе; или например, при повышении температуры воды в ней уменьшается содержание кислорода). Так, на экваторе солнечные лучи падают под прямым углом и каждая единица поверхности получает больше энергии, чем в других широтах, поскольку к полюсам уменьшается угол падения солнечных лучей, то есть чем дальше мы удаляемся к полюсам, тем холоднее становится. Аналогично уменьшается увлажнение при движении от побережий в глубь континента. Высотная поясность, в свою очередь, – отражение широтной зональности. С подъемом в горы изменяется температурный режим (например, при подъеме на каждые 100 м среднегодовая температура уменьшается на 0,5-1°C). Изменяется и количество осадков (наблюдается тенденция их увеличения с высотой). Кроме этого, большее количество осадков выпадает на наветренных склонах.

Биотические факторы – факторы, возникающие при взаимодействии и взаимовлиянии живых организмов друг на друга. Их подразделяют на фитогенные (влияние растений), зоогенные (влияние животных) и микробогенные (воздействие микроорганизмов).

2.3. Внутривидовые и межвидовые отношения организмов

Биотические факторы представляют собой взаимоотношения внутривидовые и межвидовые.

Внутривидовые отношения включают соревнование, конкуренцию, и их крайние формы – антагонизм, агрессию и каннибализм, а также альтруизм, внутривидовой эндо- и экзопаразитизм. Внутривидовые отношения складывались в эволюции по мере развития вида как целостной системы.

Все особи, входящие в каждую популяцию вида, обладают не только общим происхождением, но и так называемыми конгруэнциями – специфическими приспособлениями к совместной жизни (Северцов С.А., 1951). Главным образом, конгруэнции охватывают морфофизиологические и этологические черты. Среди конгруэнций различают разнообразные «сигналы» – запахи, песни, цвета, особенности поведения и особенности строения, обеспечивающие рас-

селение вида и встречи разнополых особей. Формы внутривидовых отношений – разнообразны.

Соревнование, как и конкуренция возможны между особями в популяции, – за средства жизни или за самку (самца). Именно в этих отношениях проявляются индивидуальные качества организма, обеспечивающие борьбу за существование и определенную плотность популяции. Соревнование может проходить активно, в форме так называемой «драки». Однако драка эта не всегда осуществляется через непосредственный контакт между организмами, чаще она предполагает угрожающий вид у «хозяина» территории, громкое пение или просто метки, перед которыми «противник» отступает. Соревнование может быть и в виде пассивной борьбы, которая приводит к появлению особых адаптивных черт в строении, обеспечивающих выгоду их носителям. Например, распределение надземных частей растений на разной высоте, как и корней на разной глубине в загущенных посевах.

Агрессия – форма связи, характеризующаяся истреблением особей своего вида. Каннибализм – пожирание особей своего вида. Так, каннибализм представлен у лососевых. Взрослые рыбы для икрометания заходят в реки, где в верховьях выметывают икру. Там же обессилевшие рыбы гибнут. Поскольку все это происходит поздно осенью, то трупы рыб остаются там же в верховьях и при понижении температуры вмерзают в лед. Весной трупы рыб оттаивают. Параллельно с этим процессом идет развитие молоди лососевых, которая поедает трупы родителей. У гуппи, трески, налима – наоборот: взрослые рыбы способны поедать собственную молодь. Такое встречается и у мышевидных грызунов. И даже в домашних условиях у джунгарских хомячков каннибализм – не редкость. Каннибализм имеется у муравьев, хищных личинок комаров, у жуков-кокцинелл и других беспозвоночных, а также у позвоночных – крыс, медведей и человека.

Внутривидовой эктопаразитизм – особенно ярко выражен у глубоководной рыбы – удильщика. Самка, имеющая размеры до 10 см, постоянно носит на себе присосавшегося самца (1,5-2 см), который прикрепляется к ней в стадии молоди либо на лоб, либо к брюшку или к жаберной крышке. Кожа самца срастается с кожей самки, происходит даже некоторое сращение кровеносной системы обоих организмов. Самец передвигается и живет за счет самки – у него редуцируются зубы и частично кишечник, зато хорошо развиваются кровеносная, дыхательная, выделительная и особенно половая системы.

Внутривидовой эндопаразитизм наблюдается у бонелии – кольчатого червя, живущего в Средиземном море. Самец паразитирует на стенках нефридиев, по которым проходят выводимые наружу яйца. Еще на стадии личинки самец попадает в рот к самке, затем в пищевод и далее диффундируя через ткани, попадает в нефридии, где и остается жить (приведено по Пономаревой И.Н., 1994).

Альтруизм свойственен млекопитающим, как правило, дельфинам и приматам. Его также можно встретить у собачьих и некоторых кошачьих. Главным образом, альтруистическое поведение проявляется в заботе о потомстве, в случае гибели непосредственных родителей малышей. Тогда взрослые самки, или сестринские особи, выхаживают сирот. Дележка добычи и защита слабого от врагов – тоже проявление альтруизма.

Межвидовые отношения складываются из взаимопользных отношений; полезно-нейтральных; полезно-вредных и взаимовредных (рис. 4).

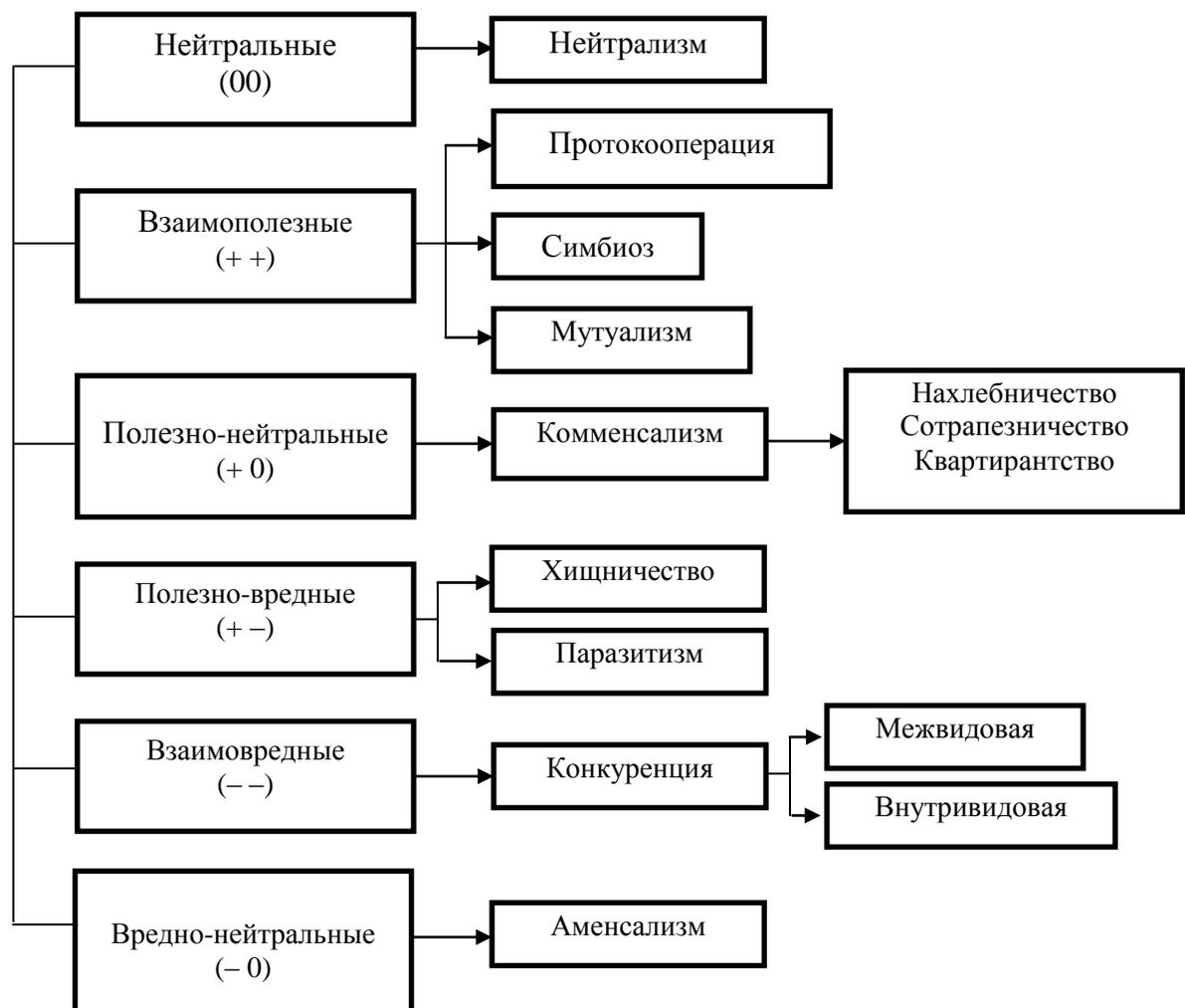


Рисунок 4 – Типы биотических связей

Взаимопользные отношения можно, в свою очередь, подразделить на симбиоз (взаимосвязь в виде сожительства с обоюдной пользой, но с элементами паразитизма); мутуализм (взаимосвязь с обоюдной пользой, но без элементов паразитирования); протокооперацию (взаимосвязь, полезная для обоих компонентов, но не обязательно присутствующая в жизненном цикле).

Полезно-нейтральные отношения включают комменсализм (взаимосвязь, при которой один из компонентов получает какое-либо преимущество, не принося при этом заметного вреда другому).

Комменсализм можно подразделить на синойкию (квартиранство) и трофобиоз (нахлебничество). Примером синойкии являются отношения кораллов и тропических рыбок; поселение рептилий в норах грызунов; взаимоотношения эпифитов и древесных растений, на которых они поселяются. Примерами трофобиоза можно считать отношения акул и рыб-прилипал, львов и гиен, поедающих добычу хищников; питание растений через сросшуюся корневую систему. Некоторые экологи выделяют еще одну форму комменсализма – сотрапезничество, которое выражается в способах добывания пищи. Сотрапезничеством считают взаимоотношения копытных и сурков; сапрофитов, перерабатывающих растительный опад, и т.п.

Полезно-вредные отношения – хищничество, паразитизм, полупаразитизм и аменсализм.

Хищничество – взаимоотношения, при которых один компонент поедает другого (волк – заяц; лиса – мышь; ястреб – перепелка).

Паразитизм – взаимоотношения, при которых организм одного вида живет за счет питательных веществ другого. Паразитизм может быть факультативным и облигатным, внутренним (эндо-) и наружным (экзопаразитизм). Факультативные паразиты какую-то часть жизненного цикла могут жить обособленно от «хозяина» во внешней среде. Паразитами является большинство представителей типов плоских, круглых и кольчатых червей, а также патогенные грибы, бактерии и вирусы. Примерами паразитических отношений у растений можно назвать отношения ольхи и бошняки; винограда и раффлезии; ели и подъяльника (сем. Вересковые).

Поупаразитизм – взаимосвязь, при которой один организм живет частично за счет органических веществ другого, но параллельно и сам может производить органические вещества. Например, эвкалипт и омела; иван-да-марья и травянистые многолетники смешанных лесов. Полупаразитизм возможен только у представителей царства *Растений*.

Аменсализм – взаимосвязь, полезная для одного вида, но подавляющая жизнедеятельность другого. Иногда подавление может осуществляться косвенным путем, например, через выделяемые одним видом фитонциды (например, хризантемой). Последние губительны для стафилококка. В лесу растения первого древесного яруса, например, ель и пихта могут подавлять развитие травяно-кустарничкового яруса, испытывающего недостаток освещения.

Взаимовредные отношения подразделяются на конкуренцию и антагонизм.

Конкуренция – взаимоотношения, возникающие между видами со сходными потребностями в пище, пространстве и прочих жизненных условиях. Например, василек и рожь, лиса и енотовидная собака. Конкуренция может быть прямой (активной) и косвенной (пассивной). Косвенная конкуренция проявляется через потребление ресурсов среды, необходимых обоим видам.

Антагонизм – взаимосвязь, при которой присутствие одного вида исключает пребывание другого. Например, грибы и бактерии.

Антропогенные факторы – факторы среды, обусловленные прямым или косвенным воздействием на нее человека. Антропогенные факторы могут быть связаны с влиянием человека на среду, как биологического вида, либо его воздействием на организмы вследствие социокультурной и промышленной деятельности, – так называемое плановое влияние человека и общества. Особенно сильно подобное влияние на среду проявляется в урбоэкосистемах. Влияние человека на среду может быть непредвиденным. Как правило, такое влияние обуславливается авариями на производстве или транспорте.

Экологические факторы можно классифицировать в зависимости от особенностей их воздействия на организм: прямые и косвенные; в зависимости от регулярности их воздействия – периодические и непериодические; в зависимости от тех последствий, которые они имеют для организма: ограничивающие, раздражительные, модификационные. В комплексном влиянии на организмы факторы – неравнозначны. Их также можно подразделить на ведущие (те, без которых организм не в силах существовать), фоновые (сопутствующие) и лимитирующие (те, которые сильно отклоняются от нормы, – иначе их можно назвать ограничивающими факторами).

2.4. Адаптации организмов к условиям среды

Адаптация – приспособление организмов к среде обитания. Способность организмов к адаптациям помогает видам выживать в процессе естественного отбора, именно она обеспечивает длительное существование разных по уровню развития таксонов в эволюционном процессе.

Все адаптации можно подразделить на морфологические, анатомические, физиологические, биохимические, онтогенетические и этологические.

Морфологические адаптации проявляются во внешнем строении организмов, анатомические – отражают особенности внутреннего строения, физиологические – связаны с процессами роста и жизнедеятельности организма, биохимические проявляются на уровне внутриклеточных процессов, онтогенетические касаются индивидуального развития организма, а поведенческие определяют особенности выживания особи в окружающей среде.

В процессе эволюции самыми существенными адаптациями можно назвать ароморфозы и идиоадаптации. Среди них: выход растений на сушу, развитие корневой системы; появление цветка и семян, листопад, появление полового процесса, формирование гомойотермности, развитие двойного дыхания и оперения у птиц, появление матки у млекопитающих, развитие шерстного покрова, вскармливание детенышей молоком, стадный образ жизни и образование семьи, способность впадать в спячку, переход в состояние анабиоза и многое другое.

Некоторые экологи кроме термина «адаптация» используют термин «экзаптация», который обозначает приспособление, первоначально возникшее для одной цели, но затем оказавшееся полезным для решения другой (например, перья у птиц возникли как адаптация для защиты от холода, но в дальнейшем оказались полезными для полета) (Гиляров, 2003; приведено по: Миркин Б.М., Наумова Л.Г., 2005).

Существует три основных пути адаптаций организмов к среде:

Активный путь – развитие на уровне популяций структур и процессов, позволяющих противостоять изменениям окружающей среды, обеспечивая тем самым комфортные условия существования (например, развитие аэренхимы у цветковых растений, живущих в воде; поддержание постоянной температуры тела у птиц и млекопитающих).

Пассивный путь – приспособление жизненных функций организма к изменяющимся условиям среды (например, листопад у обитателей сухих тропиков и субтропиков или умеренных широт; спячка позвоночных в зимний период).

Избегание неблагоприятных условий среды – уход от неблагоприятных факторов среды на территории, позволяющие сохранять сложившиеся в эволюции особенности структуры и функций организма (например, сезонные миграции).

Основные закономерности действия экологических факторов:

1. **Закон относительности действия экологического фактора** – особенности воздействия фактора на организм зависят от его количества и от того, в сочетании с какими другими факторами он действует.

2. **Закон взаимодействия факторов** – пределы выносливости организма могут смещаться в зависимости от сочетания одновременно действующих факторов. Например, жара лучше переносится в сухом климате, а не во влажном.

3. **Закон относительной заменяемости и абсолютной незаменимости экологических факторов** – недостаток или избыток экологического фактора может быть возмещен действием других экологических факторов, однако если этот фактор является обязательным условием жизни для организма заменить его невозможно.

4. **Закон оптимума** – как недостаток, так и избыток действия фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности особи.

5. **Закон неоднозначности действия фактора на разные функции организма** – оптимум для одних процессов, протекающих в организме особи, является пессимумом для других. Например, высокая температура воздуха вызывает оцепенение у рептилий.

6. **Закон разнообразия индивидуальных реакций на факторы среды** – оптимум и пессимум воздействия фактора на организмы разных особей не совпадают в силу генетических и фенотипических различий последних.

7. **Закон относительной независимости приспособления организмов к разным факторам** – организмы, устойчивые к действию одного экологического фактора, могут быть неустойчивы к действию другого фактора. Например, эвритермные виды могут быть неустойчивы к высокой влажности воздуха, или к засоленным почвам.

8. **Закон несовпадения экологических спектров разных видов** – каждый вид специфичен по своим экологическим возможностям.

Даже у близкородственных видов адаптации к среде могут быть различными.

9. **Закон ограничивающих факторов** – возможности существования организмов зависят в первую очередь от тех факторов среды, которые максимально отклоняются от оптимума.

Факторы среды могут иметь количественное выражение. Каждый организм, обитая в определенных условиях среды, ощущает на себе комплексное воздействие факторов. Несмотря на это, по отношению к каждому фактору можно выявить зону его оптимального воздействия на организм и зону, когда организм испытывает угнетение. Первая зона называется зоной оптимума, вторая – зоной пессимума. Способность организма переносить любые колебания экологического фактора называют экологической валентностью или толерантностью. Экологическая валентность вида шире экологической валентности особи. Виды с широкой экологической валентностью наиболее широко распространены и очень часто это виды эврибионты (рис. 5), среди которых много космополитов. Виды с узкой экологической валентностью называют стенобионтами. Любопытно, что среди последних много эндемиков и реликтов.

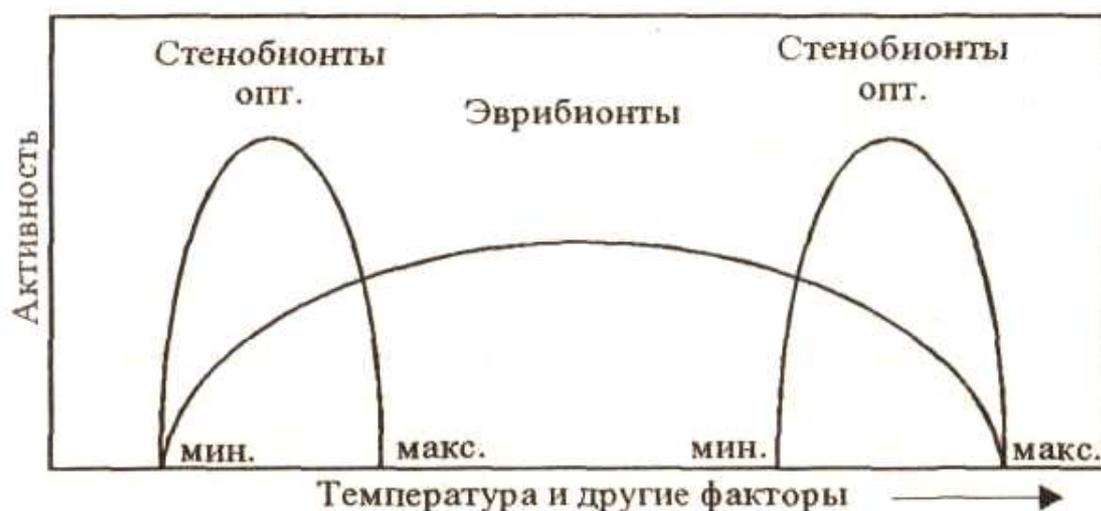


Рисунок 5 – Экологическая пластичность видов по Ю. Одуму, 1975

Применительно к особенностям воздействия экологических факторов на организм сформулировано несколько законов. Судьба ряда из них связана с особенностями деятельности их авторов. Например, **закон минимума Б. Либиха** (1840) был сформулирован последним, когда он работал агрономом. В соответствии с этим за-

коном жизненность организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей. Дословно «веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется величина последнего во времени». То есть, например, рост растения зависит от того элемента, которого в данный момент недостаточно для его нормальной жизнедеятельности. В 1986 году американский ученый Ю. Одум дополнил закон Либиха двумя принципами. Первый был им назван ограничительным. В соответствии с ним, закон Либиха действует лишь в стационарных условиях, когда приток и отток энергии в систему сбалансированы. Такое вряд ли возможно в условиях природных экосистем. Второй принцип основан на взаимном действии различных факторов на организм, и следовательно, если количества или силы воздействия одного фактора недостаточно, то при суммарном воздействии эта недостаточность может компенсироваться действием других экологических факторов. Например, некоторым растениям для нормального роста и развития нужен цинк. Но если растение растет в тени, то цинка требуется меньше, чем если особь обитает на ярком свете, то есть в тени концентрация цинка в меньшей степени может быть лимитирующим фактором, чем на свету.

Второй закон – **закон толерантности** американского зоолога В. Шелфорда (1913). Толерантность В. Шелфорд понимает как выносливость вида по отношению к колебаниям какого-либо экологического фактора, причем диапазон толерантности между экологическим минимумом воздействия фактора на организм и экологическим максимумом называется пределом толерантности. В 1975 году Ю. Одум дополняет закон Шелфорда четырьмя принципами. В соответствии с первым из них организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий – в отношении другого. Второй принцип гласит, что организмы с широким диапазоном толерантности в отношении всех экологических факторов обычно наиболее широко распространены. Третий повествует о том, что если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для вида, то диапазон толерантности может сузиться и в отношении других экологических факторов. Кроме того, согласно четвертому принципу многие факторы становятся лимитирующими для организма в критические периоды его жизни, особенно в период размножения, а также в периоды младенчества, старости и во время болезни.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте основные закономерности, присущие действию экологических факторов на живые организмы.
2. Опишите некоторые основные способы ориентации животных в водной среде.
3. Приведите примеры животных и растений, для которых свойственны биотические взаимоотношения.

Задачи

1. Нагрузка веса тела на опорную поверхность ног свыше 30 г на 1 см³ сильно затрудняет передвижение животного по рыхлому снегу. У рыси она равна 422, а у лося – около 500 г на 1 см³. Но для рыси полуметровый слой снега – фактор, ограничивающий активность, а для лося – нет. Как вы думаете, почему?

2. Центр лабораторного анализа и технических измерений, имеющийся в каждом Федеральном округе РФ, осуществляет проведение мониторинга объектов окружающей среды. Сотрудники экологических лабораторий проводят отбор проб и их комплексный химический анализ на содержание различных компонентов, обладающих экологической опасностью. Объектами исследований наиболее часто являются воздух, вода, почва, растительные и животные организмы.

А. Укажите организмы, способные к существованию (жизнедеятельности) в щелочной среде (рН 9):

- а) нитчатые водоросли;
- б) большинство видов рыб;
- в) элодея;
- г) моллюски.

Б. Укажите организмы, способные к существованию (жизнедеятельности) при рН ниже 4,5 в воде озер:

- а) анаэробные организмы;
- б) моллюски;
- в) большинство видов рыб;
- г) фитопланктон.

Лабораторная работа 2. Методы измерения абиотических факторов окружающей среды (определение рН, содержания кислорода, хлоридов в воде)

Природная и питьевая вода содержит огромное количество компонентов, находящихся в низких (менее 1%) и ультранизких (менее 0,0000001%) концентрациях. В естественных условиях состав вод регулируется природными процессами, в то же время в результате хозяйственной деятельности человека происходит значительное изменение состава природных вод.

Природная вода находится в непрерывном взаимодействии с окружающей средой. Она растворяет органические и неорганические примеси, содержащиеся в почве, атмосфере, растительности и т.п. Среди растворенных примесей в воде есть кислород O_2 , являющийся необходимым для жизни всех представителей водной фауны и флоры. Однако кислород – сильный окислитель, в его присутствии значительно возрастает скорость коррозии металлического оборудования, находящегося в контакте с природной водой. Поэтому его содержание в воде строго регламентируется и тщательно контролируется.

Измерение рН при контроле качества природной и питьевой воды проводится практически повсеместно. Реальная концентрация ионов водорода выражается в единицах водородного показателя, или рН.

Шкала рН идет от 0 (крайне высокая кислотность), через точку 7 (нейтральная среда) до 14 (крайне высокая основность). Эти цифры – отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода, выраженной в граммах на 1 л. Например, рН=1 означает, что концентрация H^+ составляет 10^{-1} , или 0,1 г/л; рН = 2 – 10^{-2} , или 0,01 г/л, и т.д. В точке рН = 7 концентрация H^+ составляет 10^{-7} (0,0000001) г/л, но при этом концентрация OH^- такая же.

Для всего живого в воде (за исключением некоторых кислотоустойчивых бактерий) минимально возможная величина рН = 5; дождь, имеющий рН<5,5, считается кислотным. В отсутствие любых загрязнителей у дождевой воды обычно слабокислая реакция (рН = 5,6), поскольку в ней легко растворяется углекислый газ из воздуха с образованием слабой угольной кислоты. У пресноводных озер, ручьев и прудов рН воды обычно составляет 6-7, и организмы адаптированы именно к этому уровню. В питьевой воде допускается рН = 6-9. Болотная вода бывает обычно кислой (рН = 4-5) за счет органических кислот, а нормальная, чистая вода имеет значение,

близкое к нейтральному (6,5-8,5). Принято считать, что значение рН от 5,5 до 8,5 является оптимальным для развития водных форм жизни. Резкое изменение рН в водоеме может привести к растворению в воде некоторых соединений и отравлению водных организмов. Если значение рН неожиданно сдвинулось в кислую или щелочную сторону, следует обратить внимание на возможные промышленные выбросы (Физико-химические методы..., 1997).

Цель работы: освоить некоторые методы измерения абиотических факторов окружающей среды на примере определения рН содержания растворенного кислорода, хлоридов в воде.

Оборудование, реактивы, материалы

Опыт 1: пробы воды из разных источников, универсальная индикаторная бумага.

Опыт 2: стеклянные емкости с притертыми пробками (емкость 100-150 мл); конические колбы на 250-300 мл; бюретки для титрования; штативы; пипетки на 1,2 мл; груши; фильтровальная бумага; чашки Петри. Реактивы: сульфат или хлорид марганца (II) раствор, растворяют 200 г $MnSO_4 \cdot 2H_2O$ (или 240 г $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ или 212,5 г $MnCl_2 \cdot 4H_2O$) в дистиллированной воде и доводят объем до 500 мл; щелочной раствор KI: а) растворяют 75 г KI в 50 мл дистиллированной воды; б) растворяют 250 г NaOH или 350 г KOH в 250 мл дистиллированной воде, оба раствора смешивают и доводят объем до 500 мл; серная кислота пл. 1,84 г/мл, разбавленный раствор 1:1; тиосульфат натрия $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, 0,02 Н; крахмал, 1%-й раствор (заварить).

Опыт 3: реактивы: серебро азотнокислое, 0,01 н. раствор готовьте следующим образом: 11,7 г $AgNO_3$ поместите в мерную колбу емкостью 1000 мл, растворите в бидистилляте и доведите до 1 л.

Титр раствора определяют титрованием 10 мл 0,01 раствора NaCl в присутствии 5-6 капель 5%-го раствора калия хромовокислого до появления оранжевого оттенка раствора. Нормальность раствора серебра (P_{Ag}) рассчитать по формуле

$$P_{Ag} = V_1 \cdot N_1 / V, \quad (2)$$

где V_1 – объем раствора натрия хлористого, мл;

N_1 – нормальность раствора натрия хлористого, мл;

V – объем раствора серебра азотнокислого, пошедший на титрование, мл.

Натрий хлористый, 0,01 н. раствор, готовят из фиксаля. Калий хромовоокислый, 5%-й раствор. Растворите 50 г $K_2C_2O_4$ ч.д.а. в небольшом объеме бидистиллята и прибавьте раствор нитрата серебра до начала образования красного осадка. После двухчасового отстаивания раствор отфильтруйте и доведите бидистиллятом до 1 л.

Ход работы

Опыт 1. Определение рН в пробе воды

Полоску индикаторной бумаги поместите в пробирку, содержащую примерно 5 см³ исследуемой воды. Окраску индикаторной бумаги сравните со шкалой.

Опыт 2. Определение содержания кислорода в пробе воды

1. Пробы воды (аквариумная, горячая питьевая, дождевая, холодная питьевая) отберите в стеклянные емкости (100-150 мл) с притертой пробкой. Для этого вода должна переливаться через край склянки. Заполненную до краев склянку закройте притертой пробкой, чтобы под ней не было пузырьков воздуха.

2. Склянки поместите в чашки Петри и фиксируйте кислород. При этом в склянки, ближе к дну, при помощи пипетки внесите 1 мл раствора $MnSO_4$ или $MnCl_2$ и 1 мл щелочного раствора KI . Отмечается выпадение осадка бурого цвета. Склянки закройте пробками, при этом из них выливается 2 мл исследуемой воды в чашку Петри, затем содержимое склянок перемешайте путем перевертывания.

3. Перед титрованием (через 10 мин, так как осадок хорошо должен осесть) к пробе прилейте 2 мл H_2SO_4 (1:1). Раствор соляной кислоты внесите пипеткой в нижнюю часть склянки, при этом часть жидкости сливается через край, что для определения значения не имеет.

Склянку закройте пробкой и содержимое тщательно перемешайте.

При этом осадок $Mn(OH)_3$ бурого цвета должен раствориться. После этого для титрования всю пробу перелейте в коническую колбу вместимостью 200-250 мл и титруйте 0,02 н. раствором тиосульфата натрия при непрерывном помешивании до слабо-желтого цвета, после чего добавьте 1 мл 1%-го раствора крахмала и продолжайте титровать до исчезновения синей окраски.

4. Количество $Na_2S_2O_3$, израсходованное на титрование выделившегося йода, эквивалентно количеству кислорода в растворе.

5. Рассчитайте количество растворенного в воде кислорода. Расчет содержания растворенного в воде кислорода произведите по формуле

$$X = A \cdot N \cdot 8 \cdot 1000 / V_1 - V_2, \text{ мг/л}, \quad (3)$$

где X – содержание растворенного в воде кислорода;

A – объем тиосульфата натрия, пошедший на титрование пробы, мл;

N – нормальность тиосульфата натрия с учетом поправки;

8 – эквивалентная масса кислорода, соответствующая 1 мл 1 N раствора тиосульфата натрия, г;

V_1 – объем пробы, взятой для титрования, мл (100-150);

V_2 – объем реактивов, добавленный до образования $Mn(OH)_2$, (2 мл);

1000 – множитель для перевода в мг.

Опыт 3. Определение содержания хлоридов в пробе воды

Отберите мерной колбой емкостью 100 мл анализируемой воды в колбу емкостью 250 мл, прилейте 5 капель 5%-го раствора калия хромокислого и оттитруйте раствором серебра азотнокислого до перехода лимонно-желтой окраски в оранжево-желтую.

Содержание хлорида (Cl^-) в мг-экв/л рассчитайте по формуле

$$Cl^- = a \cdot N \cdot 1000 / V, \quad (4)$$

где a – количество раствора серебра азотнокислого, пошедшее на титрование анализируемой воды, мл;

N – нормальность раствора серебра азотнокислого;

1000 – коэффициент пересчета объема, с миллилитра на литр;

V – объем воды, взятой на анализ.

Задание. Сравните рН, содержание кислорода, хлоридов в нескольких пробах воды (дистиллированная, водопроводная, из природного источника).

Результаты экспериментов занесите в таблицу.

Ответьте письменно на контрольные вопросы.

Схема записи результатов

Проба воды	pH	X, мг/л	СГ, мг-экв/л

Контрольные вопросы

1. Какими показателями характеризуется качество воды?
2. Как организовать наблюдение за состоянием водных объектов?
3. Как влияет изменение содержания кислорода на организмы-гидробионты?
4. Охарактеризуйте основные источники загрязнителей воды.
5. Перечислите абиотические факторы в водной среде обитания.

Тема 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ОРГАНИЗМОВ

3.1. Свет как экологический фактор

Экологическими факторами считаются те, количественные выражения которых подвержены изменениям. Безусловно, факторы действуют на организмы комплексно. Однако некоторые факторы в жизнедеятельности организмов могут выступать как средообразующие элементы. Например, вода является средообразующим элементом в водной среде, воздух – в наземно-воздушной и т.д. Каждый экологический фактор помимо количественных показателей характеризуется еще силой и диапазоном действия. Таким образом, каждый фактор имеет «нижний» и «верхний» порог действия. Зона оптимального проявления свойств организма находится в условиях средней силы воздействия фактора. Зона угнетения свойств организма находится там, где проявляется недостаточное или избыточное количество действующего фактора. Часто особенности действия одного фактора зависят от того, в сочетании с какими еще факторами он работает. Например, свет не может быть заменен избытком тепла или обилием углекислого газа, но действуя изменениями температуры, можно приостановить фотосинтезирование растений или активность у животных и тем самым создать эффект диапаузы, как при коротком дне, а удлинив активный период, создать эффект длинного дня. Это не замещение одного фактора другим, а проявление сходного биологического эффекта, вызванного изменениями количественных показателей экологических факторов (приведено по: Пономарева И.Н., 1994).

Свет – одно из главных условий существования жизни на нашей планете. Свет – источник для фотосинтеза растений и возможность для обогрева у животных. Вся солнечная энергия, приходящая на Землю, может быть подразделена на видимые лучи (около 50%), теплые инфракрасные лучи (50%) и ультрафиолетовые лучи (около 1%). Видимые лучи имеют разную длину волн и окраску.

Для жизни организмов нужны разные лучи. Например, ультрафиолетовые лучи с длиной волны 0,3 мк способствуют образованию витамина *D* у животных, а те же лучи с длиной волны 0,4 мк обладают большой фотосинтетической активностью. Инфракрасное излучение действует на тепловые центры нервной системы живот-

ных, осуществляя тем самым у них регуляцию окислительных процессов и двигательные реакции. Лучи, ускоряющие или замедляющие процесс фотосинтеза, принято называть физиологически активной радиацией (ФАР). Из них наиболее активными являются оранжево-красные (0,65-0,68 мк); сине-фиолетовые (0,40-0,50 мк); ультрафиолетовые (0,38-0,40 мк). Поглощение световой энергии у растений обеспечивается пигментами. Так, хлорофиллы (зеленые пигменты *a*, *b*, *c*, *d*) обеспечивают максимум поглощения в красной и сине-фиолетовой части спектра ФАР, каротиноиды поглощают сине-фиолетовые лучи, а фикоцианы обеспечивают поглощение в желтой и зеленой частях спектра.

Животные также хорошо различают лучи разной окраски. Лучше всего на цвет реагируют насекомые. Так, бабочки предпочитают посещать красные или желтые околоцветники, а двукрылые выбирают белые или голубые. Имея разную длину волн, свет по-разному влияет на стадии онтогенеза организмов. Например, гусеницы-медведки быстрее развиваются в садках, укрытых фиолетовым стеклом, чем там же, но под голубым стеклом. Очиток розовый прекрасно цветет под белым тентом и не цветет под красным.

Интенсивность освещения влияет на суточную активность животных. По отношению к этому свойству света всех животных можно подразделить на сумеречных (майский хрущ, бражник, еж), ночных (летучие мыши, козодой, куница) и дневных (белка, заяц). Есть растения, которые раскрывают свои бутоны ближе к сумеркам (душистый табак), или даже ночью (кактус селенецереус).

Сезонная ритмичность в жизнедеятельности организмов обусловлена постепенным сокращением светлой части суток, происходящим осенью, и увеличением светлой части суток весной. Благодаря этой закономерности для всех организмов, обитающих в средних и высоких широтах, выработались механизмы, позволяющие им по-разному реагировать на продолжительность дня. Эти механизмы являются сигналами сезонных изменений в поведении живого. Например, уменьшение светового дня к осени вызывает прекращение роста, стимулирует отложение питательных веществ, приводит к линьке, способствует миграциям, переходу в состояние покоя и спячки. Увеличение светового дня весной, наоборот является фактором, стимулирующим цветение у растений и размножение у животных.

Длинный день стимулирует развитие растений умеренных широт. Они называются длиннодневными. Это рожь, пшеница, клевер, тысячелистник, поповник, ирис, фиалка, незабудка.

Растения из южных районов, развитие которых нормально протекает при коротком дне, называют короткодневными. Это гречиха, подсолнечник, астры, георгины, конопля.

Среди животных, главным образом насекомых, также можно выделить короткодневных (совки, саранча, тутовый шелкопряд) и длиннодневных (беянка, плодожорка, голубянка, капустница). Зная подобную реакцию животных и растений на продолжение светлого времени суток, можно ускорить или замедлить цветение растений или развитие насекомых. Например, увеличив освещение короткодневных насекомых, можно замедлить развитие гусениц. Долгое освещение короткодневных растений приведет к активному вегетативному росту без цветения, созревания плодов и развития корнеплодов. Таким образом, именно продолжительность освещенности (фотопериод) является сигналом для протекания многих жизненных процессов. По отношению к количеству света все растительные организмы можно подразделить на светолюбивые (гелиофиты), тенелюбивые (сциофиты), теневыносливые (факультативные гелиофиты). Среди светолюбивых растений можно назвать мышиный горошек и березу пушистую. Листья светолюбивых растений называют световыми. Под верхним эпидермисом таких листьев содержится столбчатая ткань, состоящая из вытянутых клеток с большим количеством мелких хлоропластов. Такое их положение не препятствует прохождению солнечных лучей в глубь листа, – туда, где расположена губчатая паренхима, также содержащая много хлоропластов. Поэтому, несмотря на мелкие листья, светолюбивые благодаря большому количеству хлоропластов поглощают много света. Избыток света также губителен для растений, как и его недостаток. В пустынях Южной Африки растет так называемое «оконное» растение фенестрария. Это суккулент, у которого развиты сочные листья, содержащие много воды. Листья располагаются вертикально и почти полностью погружены в песок. Над поверхностью субстрата выступают только кончики листьев с маленькими прозрачными оконцами. Оконца ослабляют поток света за счет прозрачных клеток, содержащих много воды, благодаря чему хлоропласты не разрушаются, а хлорофилла, находящегося в глубине листа, достаточно для процесса фотосинтеза.

3.2. Тепловой фактор и его влияние на организмы

Температура – один из важнейших факторов, определяющих существование организмов. Количество солнечной энергии, попадающей на Землю, в первую очередь зависит от угла падения солнечных лучей и, во-вторых, от высоты местности над уровнем моря. От температуры зависят особенности протекания физико-химических процессов в клетках живых организмов. Все живые организмы можно подразделить на пойкилотермные (холоднокровные) и гомойотермные (теплокровные).

Пойкилотермные организмы – организмы с непостоянной внутренней температурой тела, меняющейся в зависимости от температуры внешней среды (микроорганизмы, растения, беспозвоночные и низшие позвоночные животные). Температура их тела чуть выше температуры окружающей среды или равна ей.

Гомойотермные организмы – организмы, способные поддерживать внутреннюю температуру тела на относительно постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды (птицы, млекопитающие). По отношению к температуре как экологическому фактору все организмы делятся на теплолюбивые (термофилы) и холодолюбивые (криофилы). Термофилы, главным образом, являются обитателями тропических широт. Кривофилы – выходцы из умеренных и холодных областей Земли. Некоторые жаброногие раки, бабочки, пресмыкающиеся, кактусы, водоросли способны выдерживать температуру, превышающую 50°C. У большинства животных и растений температурный оптимум находится в интервале 20-25°C. Для организмов умеренных широт наиболее подходящими считаются температуры 10-20°C. У большинства растений, именно с 10°C начинается процесс фотосинтеза. У обитателей пустынь и полупустынь, испытывающих высокие температуры продолжительное время, возник ряд адаптаций, помогающих обезопасить себя от действия жары: редукция листьев; развитие войлочных покрытий; самоампутация побегов; выпот солей, отражающих падающие лучи; вынужденный покой, и т.д. У организмов, существующих в холодных условиях среды, также выработались приспособления, защищающие их от низких температур: подушечная форма роста, густой шерстный покров, особый «бурый» жир, при расщеплении которого выделяется больше энергии, почечные чешуи, закрывающие меристемы, цветение под снегом, спячка, по-

вышение концентрации клеточного сока, отложение запасных веществ в виде масла, скопление полостного жира, обогревающего внутренние органы животных, питающихся «мерзлым» кормом, миграции в более теплые районы, и т.п.

3.3. Вода и ее воздействие на живое

Вода – еще один экологический фактор, без сомнения являющийся ведущим в жизни организмов. Причем существенным для организмов является не только количество воды, но и ее физическое состояние и особенности ее распределения на суше в течение года. Безусловно, количество воды закономерно уменьшается при движении от побережий в глубь материка. В умеренных и высоких широтах по сезонам года меняются характер выпадающих осадков, насыщение водяными парами воздуха, продолжительность выпадения осадков, количество воды в почве, и т.д. По отношению к фактору влажности животных можно подразделить на гигрофильные (влаголюбивые), мезофильные (предпочитающие умеренное увлажнение) и ксерофильные (сухололюбивые).

В качестве адаптаций животных к засушливым условиям проживания следует отметить наличие волосков и щетинок, способность выделять метаболическую воду, образовавшуюся за счет диссимиляции жиров, запасание в тканях и полостях большого количества воды, способность впадать в спячку и состояние оцепенения, миграции, зарывание в подстилку, норный образ жизни, подсушивание яиц, и т.п.

У растений приспособлением к сухому климату является своеобразный ритм сезонного развития. В пустынях и полупустынях очень много однолетних растений-эфемеров. Среди них – бурачок пустынный, проломник весенний, незабудка песчаная, «кошачья» лапка – виды, онтогенез которых проходит в очень короткие сроки (от 12 до 30 дней). За это время растение успевает не только прорасти, но зацвести и отплодоносить. За короткий период развития успевают пройти полный цикл и некоторые многолетники-эфемероиды. В отличие от эфемеров, живут они несколько лет, и каждый годовой период заканчивается тем, что в субстрате остается клубень или луковица с запасами питательных веществ, обеспечивающими прорастание вида на следующий сезон.

По отношению к фактору влажности растения подразделяют на гигрофиты, гидрофиты, мезофиты, ксерофиты. Последние делятся на суккуленты и склерофиты.

Гигрофиты – земноводные растения сильноувлажненных местообитаний, обитатели болот, заболоченных луговин, речных пойм и т.п. У растений обычно развиваются достаточно крупные листья с устьицами, расположенными с двух сторон. В подземной сфере развиты либо сочные короткие стержневые корни, либо утолщенные придаточные, образующие густую мочку. В тканях всех органов хорошо развита воздухоносная ткань аэренхима. Кутикула у гигрофитов, как правило, отсутствует. У многих влаголюбивых растений по краям листа имеются особые водяные устьица, через которые выводятся излишки воды. Примеры: цикута, осоки, рогоз, пушица, частуха, стрелолист, сабельник, вахта, гравилат, незабудка, тростник, сфагновый мох.

Гидрофиты – растения водоемов, полностью либо частично погруженные в воду. У этих растений устьица обычно находятся на верхнем эпидермисе. В подземной сфере представлены корневища, часто погруженные в грунт водоема (кувшинка, кубышка). В некоторых случаях виды могут плавать на поверхности водоема (водокрас, ряска, а также некоторые папоротники, например, марсилея и сальвиния, и т.п.). У погруженных полностью в воду растений листовые пластинки очень тонкие, иногда, как у элодеи канадской, листья состоят всего из двух слоев клеток. У таких растений в кожице нет устьиц, а на ее поверхности нет кутикулы. Погруженные в воду растения поглощают воду и минеральные соли всей поверхностью тела. Безусловно, у представителей этой группы также очень хорошо развита аэренхима.

Мезофиты – растения умеренно увлажненных местообитаний. К этой группе относится большинство видов лесной зоны. У растений может быть разнообразная корневая система. На корнях всегда имеются корневые волоски. Очень часто мезофиты являются микоризными растениями. Листья – разные по размеру. Устьица, как правило, расположены на нижнем эпидермисе. Например, клевер, медуница, ландыш, копытень, береза, осина, дуб, яблоня. Применительно к нашим широтам – это большинство сорняков, овощных и полевых культур.

Ксерофиты – растения, обитающие в засушливых районах. Склерофиты – виды с жесткими сухими побегами и хорошо разви-

той корневой системой. Склерофиты испаряют много воды, однако сами легко переносят длительное обезвоживание тканей. Часто на поверхности побегов у склерофитов имеются кутикулярные покровы, восковые налеты, колючки и всевозможные чешуйки, рассеивающие солнечные лучи. У ковылей и типчака листья могут сворачиваться в трубочку, что сокращает испарение. Устьиц много, но они очень мелкие. Многие виды способны переносить засуху в состоянии вынужденного покоя. Например, верблюжья колючка, саксаул, полынь, типчак, ковыль, шалфей, астрагал, джужгун, акация, эфедра.

Суккуленты – виды, обладающие способностью накапливать влагу в стеблях, листьях или их метаморфозах. Различают листовые и стеблевые суккуленты. Среди первых: литопсы, крассулы, эчеверрии, каланхое, мезембриантемумы, сансевиеры, семпервивумы, стапелии, алоэ, агавы. К стеблевым суккулентам можно также отнести некоторые крассулы, кактусы, молочаи. Тело суккулентов покрыто толстой кутикулой, восковым налетом, волосками. Устьиц мало, да и те погружены в эпидермис. Многие суккуленты (кактусы) способны запасать воду в период дождей и длительное время удерживать ее в своих побегах (в стеблях цереуса может накапливаться до 200 л воды).

3.4. Почва и рельеф в жизни организмов

Почва и рельеф. Почва – одна из сред обитания организмов. Важнейшими экологическими факторами, характеризующими почву, являются кислотность, содержание питательных элементов, структура, плотность, гранулометрический состав, засоленность, содержание органических веществ. По отношению к кислотности почвы все растения можно подразделить:

- на ацидофилы ($pH < 6,7$) – карликовая береза, хвощи, плауны, некоторые мхи;
- нейтрофилы $pH = 6,7-7,0$ – большинство культурных растений;
- базифилы $pH > 7,0$ – в основном обитатели степей и пустынь: лебеда, полынь, кермек, разнообразные сложноцветные.

На разных типах почв могут обитать виды, относящиеся к индифферентным, – ландыш майский, вьюнок полевой, лютик ползучий, земляника лесная.

Животные также реагируют на рН почвы: дождевые черви не переносят рН ниже 4,4; моллюски предпочитают почвы с рН равным 7,0, и т.д.

Растения, обитающие на засоленных почвах, называют галофитами. Выделяют две группы: растения-соленаккумуляторы и солевыводящие растения. Растение может всосать воду из засоленной почвы, если содержит в своем теле много солей. Вода достается таким растениям с большим трудом, поэтому очень экономно расходуется. Среди растений-соленаккумуляторов – солеросы, солянки, соляноколосники. У многих видов солянок листья мелкие или чешуйчатые. Фотосинтез проходит в основном в стебле. Именно в стеблях содержится водозапасающая ткань. Поэтому внешне растения напоминают суккулентные виды. Среди солевыводящих растений – кермек, гониолимон, лох и гребенщик. Капельки соляных растворов выходят у этих растений через особые железки на листьях. Вода высыхает, а на листьях остается налет солей, который затем сдувает ветер, или смывает дождь. Наиболее интересным представителем галофитной флоры является черный саксаул – безлистное дерево с корнями длиной до 20 м и высочайшим осмотическим давлением до 100 атм. В течение всего года саксаул всасывает соленую воду, но самым жарким летом он сбрасывает ветви и тем самым избавляется от излишка солей. В итоге под его кроной образуются микро-солончаки, на которых не растут даже солянки. В то же время эта тонкая корочка солей способствует уменьшению испарения с поверхности почвы.

Растения, предпочитающие почвы, богатые азотом, называют нитрофилами, или азотолюбами. Они накапливают в теле много нитратов. К азотолюбам можно отнести пырей, иван-чай, крапиву двудомную, сурепку обыкновенную, малину, чистотел большой, таволгу вязолистную, лопух паутинистый, подорожник и др. Если растениям не хватает нужных солей, говорят, что они голодают. Особенно часто растения испытывают азотное голодание, при котором образуется меньше хлорофилла, при этом растение становится бледным, медленнее растет, побеги и листья мельчают (карликовая березка, водяника, голубика). Азотное голодание растения испытывают на сероземах, песчаных и тундровых почвах.

Растения, обитающие на почвах, богатых мелом или известью, называют кальцефилами. Это дуб пушистый, лиственница европейская, ковыль Лессинга, василек русский, венерины башмачки.

Виды, растущие на каменистых маломощных почвах, называют петрофитами.

Растения, довольствующиеся малым количеством зольных элементов, называют олиготрофами, – в противовес им виды, растущие на почвах с высоким содержанием зольных элементов, именуются эвтрофами.

Животные, проживающие всю жизнь в почве, называются геобионтами. Те из них, у которых только часть жизни проходит в почве, именуются геофилами. Геоксенами считают животных, лишь иногда посещающих почву для временного укрытия.

Отношение к рельефу как экологическому фактору среды у растений и животных крайне неоднозначное. Для растений большее значение в жизни играют особенности микрорельефа и экспозиция склона. Как правило, если горная система имеет меридиональное простирание, то на наветренном склоне выпадает больше осадков (и его осваивают более влаголюбивые виды), чем на подветренном, где осадков недостаточно. Для животных, особенно позвоночных, важнее особенности мезорельефа и макрорельефа (последний может являться ориентиром при миграциях и перелетах).

3.5. Биотические факторы среды и взаимовлияние организмов друг на друга

Экологические факторы обычно действуют не поодиночке, а целым комплексом. Действие одного какого-либо фактора зависит от уровня других. Сочетание с разными факторами оказывает заметное влияние на проявление оптимума в свойствах организма и на пределах их существования. Действие одного фактора не заменяется действием другого. Однако при комплексном воздействии среды часто можно видеть «эффект замещения», который проявляется в сходстве результатов воздействия разных факторов. Так, свет не может быть заменен избытком тепла или обилием углекислого газа, но, действуя изменениями температуры, можно приостановить фотосинтезирование растений или активность у животных и тем самым создать эффект диапаузы, как при коротком дне, а удливив активный период, создать эффект длинного дня. И в то же время это не замещение одного фактора другим, а проявление количественных показателей экологических факторов. Это явление широко используется в практике растениеводства и зоотехнии.

В комплексном действии среды факторы по своему влиянию неравноценны для организмов. Их можно подразделить на ведущие (главные) и фоновые (сопутствующие, второстепенные). Ведущие факторы различны для разных организмов, если даже они живут в одном месте. В роли ведущего фактора на разных этапах жизни организма могут выступать то одни, то другие элементы среды. Например, в жизни многих культурных растений, таких, как злаки, в период прорастания ведущим фактором является температура, в период колошения и цветения – почвенная влага, в период созревания – количество питательных веществ и влажность воздуха. Роль ведущего фактора в разное время года может меняться. Так, в пробуждении активности у птиц (синицы, воробьи) в конце зимы ведущим фактором является свет, и в частности длина дня, то летом его действие становится равнозначным температурному фактору.

Ведущий фактор может быть неодинаков у одних и тех же видов, живущих в разных физико-географических условиях. Например, активность комаров, мошек, мокрецов в теплых районах определяется комплексом светового режима, тогда как на севере – изменениями температуры.

Понятие о ведущих факторах нельзя смешивать с понятием об ограничивающих факторах. Фактор, уровень которого в качественном или количественном отношении (недостаток или избыток) оказывается близким к пределам выносливости данного организма, называется ограничивающим, или лимитирующим. Ограничивающее действие фактора будет проявляться и в том случае, когда другие факторы среды благоприятны или даже оптимальны. В роли ограничивающего фактора могут выступать как ведущие, так и фоновые экологические факторы.

Ценность концепции лимитирующих факторов состоит в том, что она дает экологу отправную точку при исследовании сложных ситуаций. Изучая конкретную ситуацию, эколог может выделить слабые звенья и сфокусировать внимание на тех условиях среды, которые с наибольшей вероятностью могут оказаться критическими или лимитирующими. Если для организма характерен широкий диапазон выносливости (устойчивости, толерантности) к фактору, отличающемуся относительным постоянством, и он присутствует в среде в умеренных количествах, вряд ли такой фактор является лимитирующим. Наоборот, если известно, что тот или иной организм обладает узким диапазоном толерантности к какому-то изменчиво-

му фактору, то именно этот фактор и заслуживает внимательного изучения, так как он может быть лимитирующим. Так, содержание кислорода в наземных местообитаниях настолько велико и он столь доступен, что редко служит лимитирующим фактором для наземных организмов, за исключением паразитов, обитателей почв или больших высот. Тогда как в воде кислорода сравнительно мало, его содержание там нередко значительно варьируется, вследствие этого для водных организмов, в первую очередь, животных, он часто служит важным лимитирующим фактором. Поэтому эколог-гидробиолог всегда имеет наготове прибор для определения количества кислорода и измеряет содержание этого газа в ходе изучения любой незнакомой ситуации. Экологу, изучающему наземные экосистемы, реже приходится измерять содержание кислорода. В целом же смысл анализа условий среды, например, при оценке воздействия человека на природную среду, состоит в следующем:

- путем наблюдения, анализа и эксперимента обнаружить «функционально важные» факторы;
- определить, как эти факторы влияют на особей, популяции, сообщества, тогда удастся довольно точно предсказать результат нарушений среды или планируемых ее изменений.

Биотические факторы являются следствием взаимоотношений организмов. Для растений – это конкуренция, влияние животных (фитофагов, паразитов, опылителей, распространителей плодов и семян); грибов (микоризные, паразитические); бактерий (азотфиксирующие, болезнетворные); вирусов. Для животных – это конкуренция, влияние хищников, патогенных микроорганизмов, вирусов, растений (для фитофагов).

3.6. Антропогенные факторы и их влияние на биоту

Антропогенные факторы – факторы, связанные с влиянием человека. К наиболее существенным относят химическое загрязнение воды, атмосферы и почвы, техногенное нарушение экосистем при разработке полезных ископаемых, выпас скота, рекреационное влияние, промысел животных и заготовку лекарственного сырья. Огромное влияние на изменение экосистем оказывает интродукционная деятельность человека. Биологические инвазии, также спровоцированные человеком, сегодня приняли катастрофические масштабы.

Основные способы влияния хозяйственной деятельности человека на фитоценозы (Воронов А.Г., 1973):

- завоз растений;
- сокращение ареалов дикорастущих видов и уничтожение растений;
- непосредственное воздействие на растительный покров во время строительных работ;
- распашка земель;
- вырубка лесов;
- выжигание;
- выпас домашних животных;
- выкашивание;
- осушение;
- орошение и обводнение;
- действие дымов, газов, и других вредных примесей в воздухе;
- создание рудеральных местообитаний и отвалов (золо-, гидро-);
- создание культурных фитоценозов;
- охрана растительного покрова (заповедники, заказники и прочие ООПТ);
- промысел животных; сбор ягод и лекарственных растений и т.д.

С хозяйственной деятельностью человека сильно связано содержание загрязняющих веществ в воде, атмосфере и почве. Характер загрязнения зависит от типа производства. Основными источниками, загрязняющими среду, считаются предприятия топливно-энергетического комплекса. Воду, главным образом, загрязняют предприятия химической, горно-добывающей и металлургической промышленности. Они сбрасывают в водоемы соединения меди, цинка, свинца. В атмосферу и затем в водные и наземные экосистемы загрязнения могут попадать с кислотными дождями. Загрязнение почв тяжелыми металлами происходит благодаря использованию на транспорте этиолированного бензина.

Десять основных веществ, загрязняющих биосферу (приведено по: Миркин Б.М., Наумова Л.Г., 2005):

Углекислый газ Образуется при сгорании всех видов топлива. Увеличение его содержания в атмосфере приводит к повышению ее температуры, что чревато геохимическими и экологическими последствиями. Приводит к глобальному потеплению климата.

<i>Оксид углерода</i>	Образуется при неполном сгорании топлива. Может нарушить тепловой баланс атмосферы. Препятствует адсорбированию кровью кислорода, что ослабляет мыслительные способности. Замедляет рефлексy.
<i>Сернистый газ</i>	Содержится в дымах промышленных предприятий. Вызывает обострение респираторных заболеваний, наносит вред растениям. Разъедает известняк.
<i>Оксиды азота</i>	Создают смоги, вызывают респираторные заболевания и бронхит у новорожденных. Увеличивают восприимчивость к гриппу. Способствуют разрастанию водной растительности.
<i>Фосфаты</i>	Содержатся в удобрениях. Главный загрязнитель вод в реках и озерах.
<i>Ртуть</i>	Опаснейший загрязнитель пищевых продуктов, особенно морского происхождения. Накапливается в организме и вредно воздействует на нервную систему.
<i>Свинец</i>	Добавляется в бензин. Действует на ферментативные системы и обмен веществ в живых клетках. Оказывает влияние на снижение умственных способностей. Откалывается в костях.
<i>Нефть</i>	Вызывает гибель морских обитателей, и в первую очередь, планктона и рыб.
<i>ДДТ и прочие пестициды</i>	Токсичны для ракообразных. Большинство имеет канцерогенный характер.
<i>Радиация</i>	В дозах, превышающих допустимые, приводит к злокачественным новообразованиям и генетическим мутациям.

Учеными установлено, что к некоторым видам антропогенного воздействия на среду организмы могут адаптироваться. Ярким примером этого является индустриальный меланизм.

Индустриальный меланизм – морфофизиологические адаптации организмов, возникающие в процессе микроэволюционных процессов на территориях, длительное время подвергавшихся промышленному воздействию. Впервые появление темной покровительственной окраски у светлой березовой пяденицы, сидящей на

покрытых копотью стволах, было обнаружено в Манчестере в 1848 году. В дальнейшем это явление было обнаружено у более чем 100 видов животных.

Б.Г. Иоганзен (1979) классифицирует антропогенное влияние в живой природе:

- 1) на использование и истребление;
- 2) возделывание и приручение;
- 3) интродукцию и акклиматизацию;
- 4) селекцию новых форм организмов.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные группы экологических факторов, дайте их характеристику.

2. Перечислите экологические группы растений и животных по отношению к свету, влажности.

3. Приведите примеры различных приспособлений растений и животных к недостатку влаги.

4. Приведите примеры биотических факторов, особенности их воздействия на растительный организм.

5. Какое влияние хозяйственная деятельность человека оказывает на окружающую среду?

Лабораторная работа 3. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха веществами, попадающими в окружающую среду в результате работы автотранспорта

Автомобильный транспорт относится к основным источникам загрязнения окружающей среды. В крупных городах на долю автотранспорта приходится более половины объема вредных выбросов в атмосферу. Уровни загрязнения воздуха оксидами азота и углерода, углеводородами и другими вредными веществами на большинстве автомагистралей в 5-10 раз превышают предельно допустимые концентрации.

При сжигании в автотранспортных установках топлива в воздух выбрасывается с продуктами сгорания и сернистый ангидрид, который, соединяясь с атмосферной влагой, образует сернистую и серную кислоты, попадающие, в конечном счете и в почву, и в воду. Подоб-

ные агрессивные вещества оказывают сильное вредное влияние, прежде всего, на растительный мир, угнетая леса на больших территориях. Скапливаясь в воздухе, они угрожают также животному миру и человеку, интенсивно разрушают металлические конструкции, лакокрасочные покрытия, бетонные и каменные сооружения. Большой вред наносится зданиям, мостам, архитектурным памятникам и другим сооружениям.

Доля отработавших газов автомобилей в загрязнении атмосферного воздуха больших городов изменяется в зависимости от времени и пропорциональна интенсивности движения транспортных средств. Минимальная концентрация вредных веществ наблюдается в ночные часы, когда их содержание в воздухе в несколько раз меньше, чем днем. Максимальная концентрация отмечается в часы пик. Атмосфера улиц самоочищается в результате проветривания. При одной и той же интенсивности движения большее загрязнение воздуха отмечается в районах, плотно застроенных высокими зданиями, и вдоль дорог с узкой проезжей частью.

В автомобильных двигателях химическая энергия топлива преобразуется в тепловую, а затем в механическую работу. Процесс высвобождения химической энергии реализуется посредством горения, при котором реагенты энергоносителя соединяются с кислородом. В продуктах окислительных реакций содержатся оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, соединения свинца, бенз(а)пирен, оксиды серы, углеводороды и другие побочные продукты горения.

В транспортном машиностроении в той или иной степени используется ртуть. Заражение среды обитания ртутью представляет большую опасность. Установлено, что ртуть не только расстраивает здоровье, но и нарушает генетический аппарат, оказывая отрицательное воздействие на последующие поколения.

По воздействию на организм человека компоненты отработавших газов подразделяются:

- на токсичные – оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, соединения свинца;
- канцерогенные – бенз(а)пирен;
- раздражающего действия – оксиды серы, углеводороды.

Влияние перечисленных компонентов отработанных газов на организм человека зависит от их концентрации в атмосфере и продолжительности действия.

Оксид углерода при вдыхании попадает в кровь и образует комплексное соединение с гемоглобином – карбоксигемоглобин. Оксид углерода реагирует с гемоглобином в 210 раз быстрее, чем кислород, что приводит к развитию кислородной недостаточности. Признаками кислородной недостаточности являются нарушения в ЦНС, поражения дыхательной системы, снижение остроты зрения. Увеличенные среднесуточные концентрации оксида углерода способствуют возрастанию смертности лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Оксид углерода в воздухе в зависимости от степени концентрации вызывает слабое отравление через 1 ч (концентрация $C=0,05$ об.%), потерю сознания через несколько вдохов ($C=1$ об.%).

Из оксидов азота наибольшую опасность представляет *диоксид азота* NO_2 . Воздействие оксидов азота на человека приводит к нарушению функций легких и бронхов. Воздействию оксидов азота в большей степени подвержены дети и люди, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Оксиды азота в воздухе в зависимости от концентрации вызывают раздражение слизистых оболочек носа и глаз ($C=0,001$ об.%), начало кислородного голодания ($C=0,001$ об.%), отек легких ($C=0,008$ об.%).

Сернистый ангидрид в воздухе даже в относительно низких концентрациях увеличивает смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, способствует возникновению бронхитов, астмы и других респираторных заболеваний.

Углеводороды в результате фотохимических реакций с оксидами азота образуют смог. *Бенз(а)пирен*, попадая в организм человека, постепенно накапливается до критических концентраций и стимулирует образование злокачественных опухолей.

Сажа не представляет непосредственной опасности для человека. Она является адсорбентом канцерогенных веществ и способствует усилению влияния других токсических компонентов, например, сернистого ангидрида.

Свинец способен накапливаться в организме, попадая в него через дыхательные пути, с пищей, через кожу. Поражает ЦНС и кровеносные органы.

В первую очередь воздействию токсических составляющих отработавших газов подвергается водитель автомобиля. Анализ воздуха

в кабинах транспортных средств показал, что концентрация оксида углерода (особенно в кабинах грузовых автомобилей) может превышать предельно допустимые нормы.

Выбросы SO_2 являются причиной выпадения сернокислотных осадков, способствующих закислению почвы, воды и разрушению облицовки зданий. Возрастание концентрации оксида углерода опасно возникновением парникового эффекта, который приводит к возрастанию температуры воздуха у поверхности Земли.

Пути снижения вредного воздействия этих выбросов следующие.

Переход на газ или неэтилированный бензин (токсичность при этом снижается в 18-22 раза), повышение полноты сгорания за счет автоматического управления процессом, специальных систем и регулировок. Это сказывается и на расходе бензина. Рекомендуется замена карбюраторных двигателей, где это возможно, дизельными, дающими менее вредные выбросы.

Решение вопросов по созданию электротранспорта, в т.ч. по величине пробега с одной зарядки и снижению выбросов от аккумуляторных батарей. Перевод общественного транспорта на электрическую тягу там, где нет дефицита энергии (метро, троллейбусы и др.)

Значительна роль архитектурно-планировочных мероприятий и зеленых насаждений в снижении количества и уменьшении вредности выбросов. Специальные развязки и объезды, улучшение качества дорог и ликвидация ненужных участков торможения могут увеличить среднюю скорость движения транспорта. При этом, если скорость возрастает, к примеру, с 20 до 60 км/ч, общее количество выбросов уменьшится в 4-5 раз, а наиболее вредных (например, бенз(а)пирена) – еще значительно. При остановке у светофоров выбросы вредных веществ увеличиваются в 1,5-2 раза даже по сравнению с движением на первой скорости. Дороги с интенсивным движением следует выносить за пределы жилых и рекреационных зон или хотя бы защищать эти зоны «зеленым щитом» от загазованности. Даже однорядная высадка деревьев с кустарниками (высотой 1,5 м) на ширине 3-4 м снижает уровень загазованности на 10-15%, а при 4 рядах шириной 30-50 м – на 60-70%.

Определяющее влияние транспорта на состояние окружающей среды требует особого внимания к применению новых экологически чистых видов топлива. К ним относится, прежде всего, сжиженный или сжатый газ.

Кроме сжиженного (сжатого газа) многие специалисты предрекают большое будущее жидкому водороду как практически идеальному, с экологической точки зрения, моторному топливу. Но существуют проблемы, связанные как со свойствами самого водорода, так и его производством. Как горючее для транспорта водород удобнее и безопаснее в жидком виде, где в пересчете на 1 кг он превосходит по калорийности керосин в 6,7 раза и жидкий метан в 1,7 раза. В то же время плотность жидкого водорода меньше, чем у керосина почти на порядок, что требует больших баков, которые необходимо теплоизолировать, что также влечет за собой дополнительный вес и объем. Высокая температура горения водорода приводит к образованию значительного количества экологически вредных окислов азота, если окислителем является воздух. Истинный перелом в мировой топливной базе на основе водорода может быть достигнут путем принципиального изменения способа его производства, когда исходным сырьем станет вода, а первичным источником энергии – солнце или сила падающей воды.

Цель работы: изучить экспресс-методику определения степени загрязнения атмосферного воздуха токсическими веществами, содержащимися в выхлопных газах городского автотранспорта.

Оборудование, реактивы, материалы: калькулятор, ручка, блокноты, секундомер, линейка.

Ход работы

1. Выберите участок автотрассы вблизи учебного заведения (места жительства, отдыха) длиной 0,5-1 км, имеющий хороший обзор.

2. Определите число единиц автотранспорта, проходящего по участку в течение 20 мин. Получив у преподавателя расчетные данные по длине участка, приступайте к вычислениям. При этом заполните таблицу.

Схема записи результатов

Тип автотранспорта	Всего за 20 мин	За 1 ч, N_j	Общий путь за 1 ч, L_j , км
Легковые автомобили (бензиновые, дизельные)			
Грузовые автомобили			
Автобусы (бензиновые, дизельные)			
Газели			

Количество выбросов вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, может быть оценено расчетным методом. Исходными данными для расчета количества выбросов являются:

- число единиц автотранспорта, проезжающего по выделенному участку автотрассы в единицу времени;
- нормы расхода топлива автотранспортом (средние нормы расхода топлива автотранспортом при движении в условиях города приведены в таблице 4).

Таблица 4 – Нормы расхода топлива

Тип автотранспорта	Удельный расход топлива Y_j (л на 1 км), диз. топливо	Удельный расход топлива Y_j (л на 1 км), бензин
Легковые автомобили	0,09-0,11	0,11-0,13
Автобусы дизельные	0,38-0,41	–
Автобусы бензиновые	–	0,41-0,44
Грузовые автомобили	0,31-0,34	–
Газель	–	0,15-0,17

Значения эмпирических коэффициентов (К), определяющих выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Коэффициенты выброса

Вид топлива	Значение коэффициента (К)		
	Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин	0,6	0,1	0,04
Дизельное топливо	0,1	0,03	0,04

Коэффициент К численно равен количеству вредных выбросов соответствующего компонента при сгорании в двигателе автомашины количества топлива, равного удельному расходу (л/км).

Задание

1. Рассчитайте общий путь, пройденный выявленным числом автомобилей каждого типа за 1 час (L , км), по формуле

$$L_j = N_j \cdot L, \quad (5)$$

где j – обозначение типа автотранспорта;

L – длина участка, км;

N_j – число автомобилей каждого типа за 1 ч.

2. Рассчитайте количество топлива (Q_j, л) разного вида, сжигаемого при этом двигателями автомашин, по формуле

$$Q_j = L_j \cdot Y_j, \quad (6)$$

Определите общее количество сожженного топлива каждого вида, занесите результаты в таблицу.

Расход топлива

Тип автомобиля	L _j	Q _j	
		бензин	дизельное топливо
Легковые автомобили (бензиновые, дизельные)			
Автобусы дизельные			
Автобусы бензиновые			
Грузовые автомобили			
Газель			
Всего	ΣQ		

3. Рассчитайте объем выделившихся загрязняющих веществ в литрах по каждому виду топлива, перемножая соответствующие значения ΣQ и эмпирические коэффициенты К. Занесите результат в таблицу.

Объем выбросов

Топливо	ΣQ, л	Количество вредных веществ, л		
		угарный газ	углеводороды	диоксид азота
Бензин				
Дизельное топливо				
Всего	V, л			

Рассчитайте массу выделившихся вредных веществ (m, г) по формуле

$$m = \frac{V \cdot M}{22,4}, \quad (7)$$

где M – молекулярная масса (для CO – 28, для NO₂ – 46, средняя молекулярная масса для углеводородов – 43).

4. Сделайте вывод, сравнив фактическую концентрацию выбросов, поступивших в атмосферу и ПДК, занесите результаты в таблицу.

5. Определите среднесуточную концентрацию вредных веществ (C_{cc} , mg/m^3) в атмосферном воздухе района, с учетом того, что объем используемого воздуха вблизи участка дороги длиной 100 м составляет примерно 20 000 m^3 . Следует также учитывать большую интенсивность движения автотранспорта в дневное время.

Сопоставьте полученные результаты с ПДК_{СС} для каждого из вредных веществ и сделайте вывод о степени антропогенного загрязнения атмосферы исследованного района.

По результатам работы оцените экологическую ситуацию на данном участке дороги и разработайте мероприятия по уменьшению количества выбросов и по защите атмосферного воздуха и человека от их воздействия.

Ответьте письменно на контрольные вопросы.

Схема записи результатов

Вид вредного выброса	Кол-во, л (объем)	Масса, г	Значение ПДК, mg/m^3	Среднесуточный ПДК, mg/m^3	Класс опасности
Угарный газ			3,0	3,0	4
Углеводороды			0,1	1,5	3
Диоксид азота			0,04	0,04	2

Контрольные вопросы

1. Какие вещества относятся к загрязнителям воздуха?
2. Какой вклад вносит автотранспорт в загрязнение объектов окружающей среды в городах?
3. Сравните загрязняющие вещества, выделяемые бензиновыми и дизельными двигателями. Какой тип топлива наносит больший вред окружающей среде?
4. Какие прямые критерии оценки состояния атмосферы вы знаете?
5. Как загрязнение воздуха воздействует на жизнедеятельность растительных и животных организмов?
6. Предложите комплекс мер, содействующих решению экологических проблем, связанных с автотранспортом.

Тема 4. ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗМОВ И ТИПЫ СТРАТЕГИЙ ЖИВОГО

4.1. Жизненные формы растений

Жизненной формой организма называют морфологический (морфолого-физиологический) тип приспособления животного или растения к определенным условиям обитания и образу жизни.

Жизненная форма – стратегия поведения вида в конкретных условиях среды.

Жизненная форма – общий облик (габитус) растения, обусловленный своеобразием его системы надземных и подземных вегетативных органов, формирующихся в онтогенезе в результате роста и развития растения в определенных условиях среды: в разных условиях один и тот же вид может иметь разные жизненные формы, но несколько видов, сходных по эколого-ценотическим параметрам в результате конвергенции могут иметь одну жизненную форму.

Жизненная форма есть адаптация организма к комплексу экологических факторов среды.

Вот лишь немногие определения понятия «жизненная форма». Сам термин был впервые использован в 1884 году датским ученым Е. Вармингом. Им он обозначил форму вегетативного тела растения, в которой индивид находится в гармонии с внешней средой в течение всей его жизни «от колыбели до гроба, от семени до отмирания». В ботанической литературе имеется много определений жизненных форм. Наиболее полное определение жизненной форме в отечественной литературе дали И.Г. Серебряков и Т.И. Серебрякова. В 1962 году вышла в свет книга И.Г. Серебрякова «Экологическая морфология растений», в которой автор не только дал глубокий анализ жизненных форм деревьев, кустарников, кустарничков, лиан, стелющихся и подушковидных растений, но и рассмотрел историю учения о жизненных формах и изложил принципы построения эволюционной системы жизненных форм растений.

История учения о жизненных формах довольно сложна. Ее истоки уходят в древний мир, к творениям Теофраста. В эпоху великих географических открытий жизненными формами занимались Цезальпин (1583) и Турнефор (1719). Самостоятельное бытие это учение приобрело лишь с начала XIX века с появлением трудов основателя ботанической географии Александра Гумбольдта. В XX веке развитие представлений о жизненных формах излагалось в трудах

О. Друде (1913) и Дю Рие (1931). Начиная с XIX века, исследование жизненных форм у растений проводилось в трех направлениях:

1) изучалось многообразие жизненных форм, проводилась их классификация;

2) изучалось отношение жизненных форм к окружающей среде;

3) изучались филогенетические отношения различных жизненных форм.

Любопытно, что более чем за три столетия до нашей эры Теофраст в книге «Исследования о растениях» приводит подробное описание отдельных видов растений, принадлежащих к разным группам жизненных форм, начиная от деревьев и кончая однолетними травами. Образны определения жизненных форм у Теофраста. Так, «дерево – это то, что дает от корня один ствол с множеством веток и узлов и нелегко погибает (маслина, смоковница, виноградная лоза). Кустарник дает множество веток прямо от корня, например, ежевика. Полукустарники дают от корня много стеблей и множество веточек, например, чабер и рута. У травы листья идут от корня, а ствола нет вовсе, – таковы хлеба и овощи». Эти «главные виды», по Теофрасту, в свою очередь, подразделяются на широколистные, узколистные и игольчатые, с глубоко расположенной или поверхностной корневой системой, прямостоячими или лежащими побегами, обладающие или не обладающие корнеотпрысковостью. Среди травянистых он описывает клубненосные и луковичные, розеточные и полурозеточные, многолетние и однолетние растения (Теофраст, 1950; приведено по: Серебряков И.Г., 1962). Жизненные формы ботаниками использовались в систематике при определении растений. В 1751 году К. Линней для биологических характеристик видов дополнительно стал применять генеративные признаки. На какое-то время после этого характеристика вегетативных органов утрачивает свое значение. Однако в 1806 году выходит в свет статья А. Гумбольдта «Идеи о физиономичности растений», написанная им после пятилетнего путешествия по странам тропической Америки. В ней он отмечает не только то, что растительность имеет определяющую роль при характеристике ландшафта, но и пишет, что в удивительном множестве растений можно найти известные основные формы, к которым можно свести все остальные. Ботаническая география по А. Гумбольдту, должна начинаться с изучения основных физиономических типов растений, сочетания которых создают неповторимые ландшафтные картины – от тропи-

ков до полярных стран. В конечном счете, А. Гумбольдт выделяет 19 «основных форм», резко отличающихся друг от друга физиономически. Это формы: пальм, бананов, мальвовых и баобабовых, вересковых, кактусовых, орхидей, казуариновых, ароидных, лиан, алоэ, злаков, папоротников, лилейных, ивовых, миртовых, меластомовых, хвойных, мимозовых, потосовых. Так, например, жизненную форму пальм А. Гумбольдт описывает следующим образом: «это дерево с высокими, стройными кольчатыми, иногда колючими стволами, несущими на своей вершине блестящие веерные или перистые листья. По мере удаления от экватора убывают красота и размеры пальм, в Европе сохраняется лишь одна карликовая пальма Хамеропс. Находимые в Северной Европе стволы пальм, погребенные в недрах земли, дают возможность судить о грандиозных революциях в истории нашей планеты, менявших климаты и физиономию природы». Выделенные великим путешественником и ученым группы растений не идентичны систематическим. В основе их выделения лежит сходство во внешнем облике растений.

На протяжении практически всего XX века классификация жизненных форм растений строилась по двум направлениям: эколого-физиономическому и морфолого-биологическому. В нашей стране разработкой жизненных форм для растений еловых лесов таежной зоны СССР занимался В.Н. Сукачев. Выделение жизненных форм у степных и пустынных растений осуществлял Б.А. Келлер. Отдельно для степных растений была составлена классификация жизненных форм В.В. Алехиным. Он же осуществил выделение жизненных форм для равнин Европейской и Азиатской частей СССР. В соответствии с этой классификацией можно выделить следующие жизненные формы:

- с древеснеющими стеблями (деревья, кустарники, кустарнички);
- переходного типа между деревянистыми и травянистыми (полукустарники, растения-подушки, суккуленты, вечнозеленые травы, зимне-зеленые травы, лианы);

- с травянистыми стеблями: наземные (высокие и средние травы, злаковидные травы, ситниковидные травы, папоротниковидные травы, розеточные травы, перекати-поле; эпифитные формы; водные (плавающие и погруженные); жизненные формы мхов и низших растений.

Оригинальная система жизненных форм была предложена еще одним советским ботаником Н.Г. Высоцким. В основу классифика-

ции ученый положил способы вегетативного размножения и распространения растений. Эта система была одной из первых, предложенных для многолетников степной зоны. Позднее на основе этой классификации Л.И. Казакевичем была разработана еще одна классификация интересная тем, что в ней автор отмечает наличие в природе переходных жизненных форм, например, клубне-луковичных трав. В соответствии с классификацией Л.И. Казакевича травянистые многолетники можно подразделить на 5 групп:

1. Стержнекорневые – вегетативное размножение отсутствует.
2. Дерновые – вегетативное размножение слабо выражено.
3. Луковичные и клубне-луковичные – вегетативное размножение слабо выражено.
4. Корневищные (включая стелющиеся и укореняющиеся) – с сильно развитым вегетативным размножением.
5. Корнеотпрысковые – вегетативное размножение интенсивно.

Ученым также проведено исследование экологических принципов распределения жизненных форм. Л.И. Казакевич выявил ряд закономерностей – уменьшение процента стержнекорневых растений по мере перехода от меловых и сухо-степных участков к лесным, увеличение в том же направлении процента корневищных растений и т.п.

Далее в России происходит разработка систем жизненных форм в отдельных растительных сообществах с учетом таксономической принадлежности видов и особенностей процессов почвообразования (Вильямс В.Р., 1922). Наибольшее распространение получает подразделение В.Р. Вильямсом злаков, основанное на типе их кущения:

- 1) на корневищные злаки;
- 2) рыхлокустовые злаки;
- 3) плотнокустовые злаки.

За рубежом в начале XX века учение о жизненных формах также продолжало развиваться и в первую очередь под влиянием идей дарвинизма. Жизненные формы стали рассматриваться как формы приспособления растений к среде. В 1903-1907 годах появляется серия работ датского ученого К. Раункиера, в которых в основу подразделения жизненных форм положены различия в приспособлении растений к переживанию неблагоприятного времени года. Из всего комплекса адаптивных признаков ученым выбран лишь один – положение почек или верхушек побегов в течение не-

благоприятного времени года по отношению к поверхности почвы.

В соответствии с этим принципом все растения К. Раункиер делит на пять типов:

1. *Фанерофиты* – с почками или верхушками побегов, отрицательно геотропичными и расположенными в течение неблагоприятного времени года более или менее высоко в воздухе.

2. *Хамефиты* – с почками или верхушками побегов, расположенными в этот же период близ поверхности почвы.

3. *Гемикриптофиты* – с почками или верхушками побегов, расположенными непосредственно на поверхности почвы.

4. *Криптофиты* – почки или верхушки побегов сохраняются под землей на разной глубине у разных видов.

5. *Однолетники или терофиты* – растения благоприятного времени года.

Позднее данная система была детализирована. Например, фанерофиты стали подразделять на 15 подтипов. Среди этих подтипов фигурировали мегафанерофиты (выше 30 м), мезофанерофиты (8-30 м), микрофанерофиты (2-8 м), нанофанерофиты (меньше 2 м). Фанерофиты были также разделены на листопадные и вечнозеленые, с почечными чешуями и без, с древесным, травянистым или суккулентным габитусом. К. Раункиер впервые в экологии применил статистический метод и изучил биологические спектры различных областей земного шара с различным растительным покровом, выявив «климатфанерофитов» – влажные тропические области; «климат гемикриптофитов» – умеренно-холодные области; «климат хамефитов» – полярные страны, и т.д. Таким образом, К. Раункиер рассматривал жизненные формы как итог и результат приспособления растений к климатическим условиям страны, возникшие в процессе исторического развития.

Во второй половине XX века детальная система жизненных форм была разработана М.С. Шалытом (1955). В ее основу он положил следующие признаки: форму роста и продолжительность жизни побегов, количество плодоношений у растения, способ вегетативного размножения и характер корневой системы. Так, цветковые растения М.С. Шалыт подразделил на многолетники и малолетники. Многолетники дифференцировал на полукустарники и полукустарнички, полутравы, травы длительно и коротко вегетирующие. Среди трав ученый выделил стержнекорневые и кистекорневые, клубнекорневые, корневищные и корнеотпрысковые. Малолетники

подразделил на двулетники и однолетники (озимые, яровые и зимующие). Далее им выделялись группы суккулентов, перекати-поле и подушкообразных форм. Важным для всего периода стало понимание того, что в основу классификаций следует ставить не только структурно-биологические особенности надземных органов, но и учитывать строение подземных побегов и корневых систем. В это же время был установлен факт возможного выделения у одного вида разных жизненных форм при условии их нахождения в разных природно-климатических зонах, например, у сибирской лиственницы в основной части своего ареала, имеющей жизненную форму дерева, на Таймыре было отмечено наличие стелющейся формы. Ту же особенность, иметь стелющуюся форму на Крайнем Севере выявили у ели обыкновенной. По данным И.С. Михайловской (1952), китайский лимонник на Дальнем Востоке в различных экологических условиях может иметь то жизненную форму кустарника, то форму лианы. С другой стороны, весьма сходные жизненные формы могут развиваться в разных флористических областях земного шара у систематически далеких видов при условии сходства климата, почв и характера растительного покрова. Например, чрезвычайно морфологически похожи и безусловно представлены одной жизненной формой суккулентов американские агавы и африканское алоэ; кактусы и некоторые молочаи и т.д. Итогом явилось высказывание о том, что жизненные формы отражают приспособленность растений ко всему комплексу факторов внешней среды, т.е. специфике данного местобитания в целом. Классическим мы называем сегодня определение жизненной формы, данное И.Г. Серебряковым: «Жизненная форма – это своеобразная внешняя форма растений (или их габитус), неразрывно связанная с биологией развития и внутренней структурой органов растения, возникающая в определенных почвенно-климатических и ценологических условиях и отражающая приспособленность растений к этим условиям». Не потеряла своей значимости и классификация жизненных форм И.Г. Серебрякова:

- а) древесные растения (деревья, кустарники, кустарнички);
- б) полудревесные растения (полукустарники и полукустарнички);
- в) наземные травы (поликарпические и монокарпические);
- г) водные травы (земноводные, плавающие и подводные).

4.2. «Архитектурные» и «структурные» модели растений

С 70-х годов XX столетия в России и за рубежом появляется термин «архитектурная модель». Он был предложен французскими ботаниками Алле и Ольдеманом в ходе работ на Берегу Слоновой Кости (тропическая Африка), для обозначения видимого выражения генетической программы развития растения, проявляющейся во взаимном расположении модулей (побегов) в пределах общей «конструкции» взрослого растения. Исследователями для деревьев тропиков было предложено 24 «архитектурных модели», названных в честь выдающихся ботаников. Алле показал, что хотя внешний облик растений (габитус) может частично изменяться в разных экологических условиях, но основная «архитектурная модель» сохраняется как признак, наследственный для вида. Французские ученые утверждают, что «архитектурные модели» – прямой результат определенных типов деятельности меристем, т.е. другими словами – результат определенных «стратегий» роста побеговых систем деревьев. Вслед за французскими ботаниками Т.И. Серебрякова разработала классификацию «архитектурных моделей» для травянистых многолетников. В 1977 году вышла в свет ее статья «Об основных «архитектурных моделях» травянистых многолетников и модусах их преобразования». В этой статье были намечены пути дальнейшего развития учения о жизненных формах растений.

В последней четверти XX века ученые занимались изучением становления жизненной формы в онтогенезе у разных видов. Был сделан вывод о возможной смене жизненной формы в процессе индивидуального развития, поскольку по мере роста и развития, например, у трав, стержневая корневая система может сменяться мочковатой, розеточные побеги становятся полурозеточными и т.п. Был также установлен факт, что у особей в любом возрастном состоянии может проявляться широкий диапазон изменчивости структурной организации, жизненности, способов размножения и темпов развития в пределах генетической программы онтогенеза, свойственной данному виду (Глотов Н.В., Жукова Л.А., 1995). В науке появился термин «поливариантность» онтогенеза (Жукова Л.А., 2001), которая рассматривалась как широко распространенный адаптационный механизм популяционного уровня, определяющий гетерогенность, а следовательно, и устойчивость популяции растений в экосистеме. Упомянутыми выше авторами уже была

предложена классификация поливариантности и выделены два крупных надтипа: структурный и динамический. К первому отнесли три типа: размерную, морфологическую поливариантность (полиморфизм) и поливариантность размножения. Ко второму относятся ритмологическая поливариантность и поливариантность темпов развития. Был также подтвержден вывод о том, что жизненная форма вида может меняться в пределах ареала в разных экологических и географических условиях. Чуть позднее смогли установить факт того, что отдельные виды в одном и том же фитоценозе в пределах одной ценопопуляции могут быть представлены разными жизненными формами, например, рябина может быть одноствольным или многоствольным деревом или кустарником, или стлаником. Нами в ходе исследования внутри одной ценопопуляции кровохлебки лекарственной (*Sanguisorba officinalis*) были найдены корневище корнеклубневые и стержнекорнеклубневые жизненные формы вида. Любопытно, что данный факт отмечался в ценопопуляциях вида, приуроченных к различным фитоценозам – на Среднем Урале, в Западной Сибири, в Забайкалье, в Якутии и на Дальнем Востоке. Параллельно проводившиеся ризологические исследования 900 видов высших сосудистых растений позволили выявить существование 137 «структурных моделей» корней и корневищ (Таршис Л.Г., 2003).

4.3. Жизненные формы животных

Жизненные формы животных проявляются как конвергентное сходство морфолого-физиологических и поведенческих особенностей у организмов, обитающих в сходных условиях среды. Существует несколько классификаций жизненных форм животных. Одна из них – классификация А.Н. Формозова (1964) основана на характере их передвижения в разных средах. Итак, выделяют следующие жизненные формы: *наземные; подземные; древесные; воздушные и водные*. Еще одна классификация – Д.Н. Кашкарова (1945) также позволяла распределять животных на разные жизненные формы в зависимости от характера их передвижения в разных средах. Автор выделял:

1. *Плавающие формы*: чисто водные (нектон, планктон, бентос); полуводные (ныряющие, неныряющие, лишь добывающие пищу из воды).

2. *Роющие формы*: абсолютные землерои (вся жизнь проходит под землей); относительные землерои (животные могут появляться на поверхности).

3. *Наземные формы*: не делающие нор (бегающие, прыгающие, ползающие); делающие норы (бегающие, прыгающие, ползающие); животные скал.

4. *Древесные лазающие формы*: не сходящие с деревьев; лишь лазающие по деревьям.

5. *Воздушные формы*: добывающие пищу в воздухе; лишь высматривающие пищу в воздухе.

На ярусном распределении животных (насекомых) в пространстве построена классификация В.В. Яхонтова (1969):

1. *Геобионты* – обитатели почвы.

2. *Эпигеобионты* – обитатели более или менее открытых участков почвы.

3. *Герпетобионты* – живущие среди органических остатков на поверхности почвы, под опавшей листвой.

4. *Хортобионты* – обитатели травяного покрова;

5. *Тамнобионты и дендробионты* – обитатели кустарников и деревьев.

6. *Ксилобионты* – обитатели древесины.

7. *Гидробионты* – водные насекомые.

Далее, в каждой из вычлененных групп, ученый еще дополнительно выделяет группировки. Например, геобионты подразделяются им на ризобионтов (насекомых, связанных с корневой системой растений), сапробионтов (обитателей разлагающихся органических остатков), капробионтов (жителей навоза), батробионтов (обитателей нор), планофилов (насекомых с частичным передвижением по наземной поверхности) (приведено по: Пономарева И.Н., 1994).

К одной жизненной форме могут быть отнесены животные даже из разных классов и типов. Например, кузнечики, тушканчики и кенгуру. Все они отличаются укороченными передними конечностями, удлинненными задними конечностями и достаточно компактным телом. Это дает возможность отнести их к жизненной форме прыгающих. Сходные жизненные формы могут проживать на разных континентах. Например, сумчатый муравьед – в Австралии и просто муравьед – в Южной Америке.

4.4. «*r*-отбор» и «*K*-отбор»

Типы стратегии поведения животных и растений – суммарная характеристика их экологии, которая отражает не только биологические особенности видов, но и их жизненные формы, и экологические группы и особенности онтогенеза.

В 1967 году в свет вышла работа П. Макартура и Е. Уилсона, описывающая два типа стратегий организмов как результат двух типов отбора. Впоследствии в 1970-1981 годы данная концепция была развита Э. Пианкой. Буквы, которыми были обозначены отбор и типы стратегий, являлись параметрами логистического уравнения. Итак, был выявлены *r*-отбор и *K*-отбор, и установлено, что *r*-отбор благоприятствует организмам с быстрым размножением, а *K*-отбор вносит основной вклад в будущее популяции при ее предельной плотности. То есть в соответствии с данной концепцией существует два диаметральных типа местообитаний, связанных с *r*-отбором и *K*-отбором. Под популяциями, подверженными *K*-отбору, подразумевают популяции, существующие в неизменных (либо незначительно колеблющихся – сезонных) условиях среды. Как следствие, возникают достаточно плотные популяции постоянного размера. Как между взрослыми особями, так и между молодым в этих популяциях наблюдается интенсивная конкуренция, результаты которой определяют выживание. Можно предполагать, что организмам, сформированным *K*-отбором, присущи более крупные размеры; растянутое во времени размножение; малочисленное и крупное потомство, окруженное заботой родительских особей. По всей видимости, популяции, формируемые *r*-отбором, существуют в непредсказуемых (эфемерных) условиях среды, для особей характерны благоприятные периоды быстрого роста при отсутствии конкуренции, смертность сильно колеблется в разных возрастных группах, зачастую не связана с плотностью популяции, размером и состоянием отдельных организмов. Таким образом «*r*/*K*-концепция» рассматривает два противоположных типа особей (популяций, видов), предсказывая взаимосвязь организмов *r*-типа со средой, вызывающей *r*-отбор, а организмов *K*-типа – со средой, вызывающей *K*-отбор. Это представление сложилось у авторов на основе различий между видами, способными быстро заселять относительно «свободные» острова (*r*-виды), и видами, процветающими на густонаселенных островах (*K*-виды) (приведено по М. Бигон,

Дж. Харпер, К. Таунсенд, 1989). Среди видов r-стратегов можно выделить бактерии и однолетние растения. К-стратеги: дуб, бук, платан, крупные бабочки, орел, кондор, человек и т.д. Для видов r-стратегов также характерны высокая плодовитость, независимость скорости размножения от плотности популяции, неустойчивость на занимаемой территории, малые размеры особей, малая продолжительность жизни, слабая конкурентная способность, слабое развитие защитных приспособлений, низкая специализация и J-образная (экспоненциальная) кривая роста численности популяции, когда в процессе размножения происходит превышение емкости среды. Для видов К-стратегов характерны большие размеры, медленное размножение, зависящее от плотности популяции; забота родителей о потомках, устойчивость на занимаемой территории, медленное расселение, большая продолжительность жизни, сильная конкуренция, хорошие защитные механизмы, высокая специализация и S-образная (логистическая) кривая роста численности популяции, когда в процессе размножения никогда не происходит превышения емкости среды.

4.5. Типы стратегий Раменского-Грайма

В 1974-1979 годы Дж. Грайм классифицировал местообитания и жизненные циклы растений. Он классифицировал биотопы в зависимости от степени их нарушения (патогенами, вытаптыванием, природными катастрофами) и дефицита какого-либо экологического фактора (света, воды, минеральных элементов). Далее он предположил, что при редких нарушениях и обилии ресурсов возникает популяция с высокой плотностью, для которой свойственна конкурентная стратегия. Еще одна толерантная стратегия выгодна для популяций видов при недостатке ресурсов или в суровых условиях среды, но на фоне редких нарушений. Рудеральная стратегия уместна при высокой степени нарушаемости среды, но при отдельных благоприятных условиях и обилии ресурсов. Дж. Грайм также предположил существование промежуточных стратегий, например, *«конкурентно-рудеральной»*. Рудеральные организмы и нарушенные местообитания более близки к организмам и средам r-типа, а высоко конкурентные организмы и слабо нарушенные местообитания, богатые ресурсами, соответствуют организмам и биотопам К-типа.

Выдающийся русский эколог Л.Г. Раменский (1935) разделил все виды растений на три «ценотипа» (или на три типа стратегий). Он выделил: виолентов (силовики); пациентов и эксплерентов. Автор также присвоил выделенным ценотипам образные эпитеты, назвав их соответственно «львами», «верблюдами» и «шакалами».

Виолент-«лев» – это мощный организм, затрачивающий большую часть энергии на поддержание жизни взрослых особей. Интенсивность его размножения низкая. Среди виолентов, например, дуб и бук. При нарушении условий среды виоленты, как правило, погибают, поскольку не имеют механизмов переживания этих неблагоприятных факторов.

Пациенты-«верблюды» – разнообразные организмы, способные за счет специальных адаптаций переживать сильный стресс. Растения пациенты могут обитать в пустынях, на засоленных местообитаниях, в условиях вечной мерзлоты. Примеры: вересковые кустарнички. Мох сфагнум, лишайники.

Эксплеренты-«шакалы» – организмы, которые замещают виолентов при сильных нарушениях в местообитаниях последних. Они также могут появляться в стабильных местообитаниях, но в тот период, когда ресурсы данного местообитания не востребованы другими видами. Примеры: полынь, лебеда, крапива, одуванчик, бодяк, осот, лопух, практически большинство однолетников. Среди эксплерентов много рудеральных видов. Все вышеперечисленные стратегии являются первичными, однако в природе в основном существуют виды со вторичной стратегией. Например, сосна обыкновенная – виолент-пациент, поскольку вид этот с одной стороны эдификатор, а с другой – хорошо растет на кислых болотных или на сухих песчаных почвах. У многих видов есть свойство пластичности стратегии, например, дуб черешчатый, – в оптимальных условиях – виолент, а в южных частях ареала, где он представлен жизненной формой кустарника – пациент.

Впоследствии концепции Раменского и Грайма были объединены. Сегодня концепция Раменского-Грайма отражает отношение организмов к двум факторам: обеспеченности ресурсами и нарушениям среды, вызванным действием любого внешнего фактора (пожар, выпас скота, землетрясение).

Контрольные вопросы

1. Какие жизненные формы растений и животных вы знаете?
2. В чем состоит принципиальное различие К-отбора и r-отбора?
3. В каких условиях происходят вспышки обилия растений-эксплерентов?
4. Перечислите основные признаки стратегии виолентов. Проиллюстрируйте их на примере растений и животных.
5. Какие приспособления помогают эксплерентам переживать неблагоприятные условия?

Лабораторная работа 4. Уменьшение содержания хлорофилла в листьях растений – биоиндикационный признак неблагоприятных условий среды. Определение хлорофилла фотометрически

Сведения относительно использования содержания хлорофилла (и других пигментов) как биоиндикационных признаков в литературе противоречивы. Ряд немецких ученых считает этот признак недостаточно информативным и специфичным, хотя первой стадией видимых хлорозов листьев как раз и является разрушение хлорофилла под влиянием неблагоприятных факторов. В то же время другие исследователи, в том числе русские и украинские показали, что у чувствительных к загрязнению видов (липы, клена) наблюдается снижение содержания хлорофилла еще до появления видимых изменений, и это может служить достаточно надежным неспецифическим биоиндикационным признаком.

Неспецифичность этого индикатора в том, что недостаток в почве азота, а также железа и других элементов быстро сказывается на окраске листьев в результате разрушения хлорофилла в них, и этот признак очень часто используется для оценки низкого плодородия почв. Это надо учитывать и использовать этот показатель при биоиндикации в сочетании с другими признаками.

По нашим данным, для оценки степени загрязнения наземных экосистем или их составляющих листья следует собирать из средней части кроны в первой половине вегетации, учитывая условия произрастания (освещенность, минеральное питание, обводненность и др.). В качестве биоиндикаторов в городской среде рекомендуется исполь-

зывать следующие газочувствительные виды: липу мелколистную, клен платанолистный, каштан конский, ель обыкновенную, сосну обыкновенную.

Метод основан на извлечении хлорофилла из листьев растворителями (спирт, ацетон) и определении его количества на фотоэлектродетекторе или спектрофотометре.

Фоторецепторная система фотосинтеза строится на основе двух важнейших типов химических соединений:

1) тетрапирролов, образующих циклическую структуру хлорофиллов (магний-порфиринов), а также открытую структуру пигментов фикобилинов;

2) полиизопреноидов, образующих большой и разнообразный класс пигментов каротиноидов.

Для высших растений основными фотосинтетическими пигментами являются хлорофилл *a* и хлорофилл *b* (рис. 6). Центральный атом магния определяет уникальные функции молекулы хлорофилла в фотосинтезе, связанные с поглощением, запасанием и преобразованием энергии.

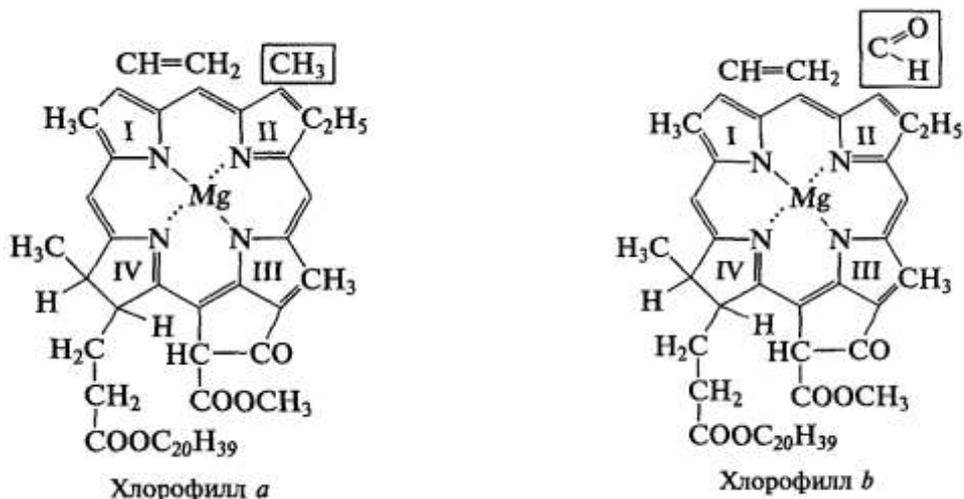


Рисунок 6 – Структура хлорофиллов *a* и *b*

Хлорофилл *a* – универсальный пигмент высших растений и водорослей. У некоторых водорослей (синезеленых, некоторых красных) он представляет единственную форму хлорофилла. Максимум поглощения в органических растворителях в красной области спектра находится при длинах волн 660-664 нм.

Хлорофилл *b* – дополнительный пигмент высших растений и водорослей, впервые появляется у эвгленовых водорослей, заменяя фикобилины. Отличается от хлорофилла *a* наличием альдегидной

группы вместо метильной во втором пиррольном кольце. Красный максимум поглощения в ацетоне – 645 нм.

Спектры поглощения магнийпорфиринов имеют два хорошо выраженных максимума поглощения в сине-фиолетовой (полоса Соре) и красной областях спектра. У хлорофилла *b* оба максимума расположены между максимумами поглощения хлорофилла *a*, что увеличивает области поглощаемой энергии хлоропластами высших растений.

Каротиноиды – большая и разнообразная группа желтых, оранжевых, красных пигментов, поглощающих коротковолновую часть видимой области спектра (400-550 нм) и выполняющих ряд очень важных функции в фотосинтезе.

По химической природе каротиноиды представляют собой полиизопреноидную цепь, состоящую из 40 атомов углерода, которая у большинства каротиноидов замыкается по концам в два иононовых кольца. Центральная часть молекулы, состоящая из 18 атомов углерода, представляет собой систему сопряженных связей, образуя основную хромофорную группу молекулы пигмента.

В зависимости от содержания кислорода в молекуле каротиноида различают каротины (например, β -каротин), не содержащие кислорода, и ксантофиллы, содержащие кислород в форме гидрокси-группы или эпокси-группы.

У высших растений главными представителями ксантофиллов являются лютеин, виолаксантин, зеаксантин и неоксантин.

Каротиноиды присутствуют в мембранах у всех фотосинтезирующих организмов, где они выполняют ряд важнейших функций в процессе фотосинтеза: антенную (дополнительные пигменты в процессе поглощения солнечной энергии), защитную (тушители триплетного хлорофилла и синглетного кислорода) и фотопротекторную (предохраняют реакционный центр от мощных потоков энергии при высоких интенсивностях света и стабилизируют липидную фазу тилакоидных мембран, защищая ее от переокисления).

Немаловажное значение при исследовании состояния растительности имеет изучение пластичности фотосинтетического аппарата, его способности приспосабливаться к изменяющимся внешним условиям. Одним из информативных и наиболее распространенных параметров, характеризующих фотосинтетический аппарат, является его пигментный состав. Известно, что одним из биохимических показателей реакции растений на изменение

факторов внешней среды, степени их адаптации к новым экологическим условиям является содержание хлорофиллов – главных фоторецепторов фотосинтезирующей клетки. Наиболее значимыми показателями является отношение хлорофиллов а и b и суммы хлорофиллов к каротиноидам.

Метод спектрофотометрии основан на регистрации характерных спектров поглощения отдельных групп пигментов.

Общие принципы экстракции пигментов. Пигменты могут быть экстрагированы из свежего и фиксированного материала. При выборе экстрагирующих веществ необходимо учитывать растворимость пигментов и возможность их выделения данным растворителем из пигментно-липо-протеидного комплекса, в виде которого пигменты находятся в пластидах. В зависимости от химического строения различают растворители полярные (спирты, ацетон) и неполярные (петролейный эфир, гексан, бензин и др.). Степень полярности растворителя определяется величиной его дипольного момента. Хлорофиллы и каротиноиды, являясь в основном липофильными соединениями, хорошо растворяются во всех растворяющих липиды соединениях: ацетоне, спирте, эфире, бензине, петролейном эфире и т.д. Однако полное извлечение пигментов из растительного материала достигается только при использовании полярных растворителей или смесью полярных и неполярных растворителей. Полярные растворители, вызывая денатурацию белка и нарушая связи пигментов с липо-протеидным комплексом, обеспечивают быструю экстракцию всех пигментов. Для выделения пигментов чаще всего используют 80%-й ацетон или 90%-й спирт. Экстракцию проводят возможно быстрее. Пигменты экстрагируют последовательно несколькими порциями чистого растворителя, отделяя каждый раз раствор пигментов центрифугированием. При растирании навески листьев с растворителем необходимо добавлять небольшое количество CaCO_3 , MgCO_3 или 1 н. раствор NH_4OH для предотвращения разрушения пигментов. Вся подготовительная работа с пигментами ведется в затемненном помещении, на холоде.

Для работы можно использовать и комнатные растения, выращенные специально в сосудах на гумусной почве с поливом водой и на малопродуктивной почве с поливом раствором соли какого-либо тяжелого металла.

Цель работы: определить содержание хлорофиллов и каротиноидов, диагностирующее состояние растения.

Оборудование, реактивы, материалы: 80%-й ацетон, CaCO_3 , MgCO_3 или 1 н. раствор NH_4OH , фарфоровые ступки и пестики, мерные пробирки на 10 мл, маркер по стеклу, аналитические весы, центрифуга, спектрофотометр, штатив для пробирок, увеличительные стекла (или лупы), карандаш, блокнот, компас.

Ход работы

Определение хлорофилла в листьях можно проводить как на свежем, так и на фиксированном материале.

В ацетоновой вытяжке определяются количественно хлорофилл *a*, *b* и каротиноиды спектрофотометрическим способом.

Навески свежего растительного материала (30 мг) в трех повторностях как для растений, выращиваемых на дистиллированной воде, так и для образцов из среды, содержащей металл тщательно растирают в фарфоровой ступке с небольшим количеством 80%-го ацетона (1 мл), чистого кварцевого песка и мела (или углекислого магния, или 1 н. раствора гидроксида аммония). Гомогенат переносят в предварительно пронумерованные центрифужные пробирки, обмывая ступку и пестик 2 мл ацетона и центрифугируют при 6-7 тыс. оборотов в течение 7 мин. Экстракт осторожно сливают в мерную пробирку на 10 мл. К осадку в центрифужной пробирке добавляют свежий 80%-й ацетон, перемешивают раствор стеклянной палочкой и центрифугируют повторно. Надосадочную жидкость аккуратно сливают в соответствующую мерную пробирку с экстрактом, полученным после первого фильтрования, и доводят объем вытяжки чистым растворителем до 7 мл. Полученная ацетоновая вытяжка содержит сумму зеленых и желтых пигментов. Концентрация пигментов в вытяжке может быть определена на фотоэлектроколориметре по калибровочной кривой или непосредственно на спектрофотометре (СФ-26, СФ-46 и т.д.) с использованием для расчета концентрации пигментов соответствующих формул (Вернера, Арнона и др.). Для количественного определения часть полученного экстракта наливают в кюветку спектрофотометра. Вторая кювета заполняется чистым растворителем (80%-м ацетоном). Кюветы помещают в кюветную камеру спектрофотометра и определяют оптическую плотность (*D*) при длинах волн, соответствующих максимумам определяемых пигментов. Концентрация отдельных пигментов (хлорофиллов А и В) определяется двухволновым методом в общей смеси пигментов и сводится, таким образом, к следующему: с помощью спектрофотометра устанавливается

величина оптической плотности (D) суммарной вытяжки пигментов при двух длинах волн, соответствующих максимумам поглощения пигментов в данном растворителе (в ацетоне – 665, 649).

Содержание суммы каротиноидов определяют в этой же вытяжке, измеряя величину оптической плотности (D) при длине волны 440,4 нм.

Показания спектрофотометра заносятся в таблицу.

Схема записи результатов

Образец	D440,5	D649	D665

Концентрация пигментов рассчитывается по формулам Вернера

$$C_A(\text{мг/л})=11,63 \cdot D665 - 2,39 \cdot D649; \quad (8)$$

$$C_B(\text{мг/л})=20,11 \cdot D649 - 5,18 \cdot D665; \quad (9)$$

$$C_A+C_B(\text{мг/л})=6,45 \cdot D665+17,72 \cdot D649. \quad (10)$$

Содержание суммы каротиноидов рассчитывается по формуле Ветштейна

$$C_{\text{кар}}(\text{мг/л})= 4,695 \cdot D440,5 - 0,268(C_{a+b}, \text{ мг/л}). \quad (11)$$

Установив концентрацию пигмента в вытяжке, определяют его содержание в исследуемом материале с учетом объема вытяжки и массы пробы:

$$A = C \cdot V / P \cdot 1000, \quad (12)$$

где C – концентрация пигментов, мг/л,

V – объем вытяжки пигментов, мл;

A – содержание пигмента в растительном материале в мг/г свежего веса;

P – навеска растительного материала, г.

Количество пигментов выражают в миллиграммах на единицу сырого или сухого веса, в процентах от сухого (сырого) веса, в мил-

лиграммах на единицу площади листа (например, на дм^2). Обычно в нормальных зеленых листьях содержание хлорофилла колеблется от 0,5 до 3 мг на 1 г свежего веса при отношении А/В = 2,5-3.

Содержание каротиноидов – 0,1-0,5 мг/г свежего веса.

Задание. Проведите экспресс-оценку качества воздуха по состоянию исследуемых растений в разных районах города, определите содержание хлорофиллов и каротиноидов в исследуемых растительных образцах, сделайте вывод о применимости данных методов в биомониторинге состояния городской среды.

Ответьте письменно на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. В чем суть изменения пигментного комплекса хлоропластов при действии поллютантов на растения?
2. Почему каротиноиды более устойчивы к действию тяжелых металлов?
3. Как можно интерпретировать отношение хлорофиллы/каротиноиды?
4. Охарактеризуйте основные растворители, используемые для выделения пигментов.
5. Приведите классификацию хлорофиллов, укажите строение и свойства.

Тема 5. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ

5.1. Понятие о популяции

«Популяция – группа совместно обитающих животных определенного вида, обладающих известными общими свойствами. Эти общие свойства определяются, с одной стороны, непосредственными родственными отношениями, с другой – обитанием в сходных условиях существования»; «популяция является конкретной формой существования вида»; «...под популяцией целесообразно понимать элементарную совокупность особей, которая обладает всеми необходимыми условиями для поддержания численности на характерном для данного вида уровне в течение длительного периода и обладает известными общими свойствами, определяющими единство жизнедеятельности слагающих популяцию особей» (приведено по: Шварц С.С., 1970). Несколько позже, в 1974 году С.С. Шварц дал следующее определение популяции: «популяция – группа совместно обитающих особей одного вида, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности неизменно длительное время в постоянно изменяющихся условиях среды». В 1990 году А.М. Гиляров дал еще одно определение популяции «популяция – любая способная к самовоспроизведению совокупность особей одного вида, более или менее изолированная в пространстве и во времени от других аналогичных совокупностей того же вида».

Впервые термин «популяция» был введен в науку в 1903 году датским ученым В. Йогансенем.

Популяцию можно определить как любую группу организмов одного вида, занимающую определенное пространство и функционирующую как часть биотического сообщества. Биотическое сообщество в свою очередь определяется как совокупность популяций, которая в результате коэволюции метаболических превращений функционирует как целостная единица в отведенном ему пространстве физической среды обитания. Плотность, рождаемость, смертность, возрастная структура, биотический потенциал, распределение в пространстве и кривая роста – вот некоторые из свойств популяции. Популяции обладают также генетическими характери-

ками, непосредственно связанными с их экологией. Это адаптивность, репродуктивная приспособленность и непрерывность, т.е. вероятность оставления потомков на протяжении длительного периода времени. Популяция, как сказал Томас Парк (1949), обладает «биологическими свойствами», присущими как популяции, так и составляющим ее организмам, и «групповыми свойствами», присущими только группе в целом. Биологические свойства характеризуют жизненный цикл популяции: популяция как и отдельный организм, растет, дифференцируется и поддерживает сама себя. Популяция имеет определенную организацию и структуру, которые можно описать. В отличие от этого групповые свойства, такие как рождаемость, смертность, возрастная структура и генетическая приспособленность, могут характеризовать только популяцию в целом. Таким образом, особь рождается, стареет, умирает, но применительно к особи нельзя говорить о рождаемости, смертности, возрастной структуре – характеристиках, имеющих смысл только на групповом уровне (приведено по: Одум Ю., 1986).

5.2. Ареал таксона

Очень важным при характеристике популяции является пространство, на котором популяция существует в течение своей жизнедеятельности. Подобное пространство называют *ареалом* популяции. Поскольку ареал представляет собой участок суши или акватории, заселенный организмами определенного вида, то наиболее полное и точное его описание мы получаем путем отображения его на географической карте. Приняты два способа изображения ареалов – точечный и контурный. Нередко в обиходе даже сами ареалы называют точечными или контурными. Несмотря на уникальность каждого ареала, их сопоставление позволило биогеографам выявить 4 характеристики внешней среды или группы факторов, которые порознь или в разных сочетаниях ограничивают распространение видов и тем самым определяют положение границ их ареалов. Это физико-географические факторы (береговые линии, горные системы, глубина водоемов, границы между океаническими водными массами и т.п.), климатические факторы (изотерма января, годовая сумма положительных температур, или число дней в году со

средними положительными температурами, количество осадков, коэффициент влажности воздуха, представляющий отношение осадков к показателю испарения, и т.д.), эдафические факторы (механические и физические свойства субстрата), биотические факторы (топические, трофические и форические отношения), биоценотические условия (обуславливают четкую приуроченность популяций конкретного вида к какому-либо единственному биогеоценозу). В ареале выделяют зону оптимума – территорию, на которой вид представлен наибольшим количеством популяций и зону пессимума – область, на которой популяции неустойчивы. В зоне оптимума вид проявляет максимум доступной ему эвритопности, заселяя несколько разнообразных биотопов. Эту часть ареала вида иногда называют его *ценоареалом*. Периферия ареала представляет область стерильного выселения, в которой условия настолько неблагоприятны для вида, что особи в популяциях либо вообще не приступают к размножению, либо не дают жизнеспособного потомства (например, липа на северо-восточной границе ареала, где она представлена не высокорослым деревом, а кустарником, существующим под пологом еловых и елово-мелколиственных лесов). Ареалы меняются со временем. Область первичного возникновения вида называется его первичным ареалом. Далее особи могут расселяться, приводя к расширению ареала. В отдельных местностях может в то же время наблюдаться локальное вымирание, что приводит к сокращению и фрагментации ареала. Территории, на которых сохраняется вид, сокративший свой ареал, называют *рефугиумами*. Выделяют несколько типов ареалов: сплошной и дизъюнктивный (разорванный). Небольшие ареалы, занимающие какую-либо ограниченную территорию, относят к эндемическим. Эндемизм возникает вследствие двух причин. Любой вид вначале распространен на очень ограниченной территории (представлен несколькими популяциями) и оказывается ее эндемиком вследствие того, что его ареал попросту еще не успел расшириться. Это явление неэндемизма, обусловленное молодостью вида. Эндемизмом могут стать и древние виды, сократившие свой ареал и сохраняющиеся только в небольших рефугиумах, где условия остаются более или менее приемлемыми для их существования. Это палеоэндемизм, вызванный значительным изменением среды на большей части бывшего ареала вида. Часто говорят еще о

реликтовых видах и реликтовых ареалах. Под первыми понимают виды, относящиеся к древним таксонам, пик развития которых приходился на прошлые геологические эпохи. Под вторыми понимают ареалы, значительно сократившие свою площадь. Сосуществование видов подчиняется правилу конкурентного исключения Г.Ф. Гаузе, согласно которому в одном биотопе не могут совместно обитать разные виды с одинаковыми или очень сходными требованиями к окружающей среде. Чем ближе родство видов, тем сильнее на них проявляется действие правила конкурентного исключения. Поэтому близкородственные виды населяют смежные, или даже разъединенные территории; перекрывание их ареалов имеет место в малой степени (например, атласский кедр и ливанский кедр). Замещающие друг друга на протяжении ареала высшего таксона близкородственные виды называют викарными (приведено по: Тимонин А.К., 2002).

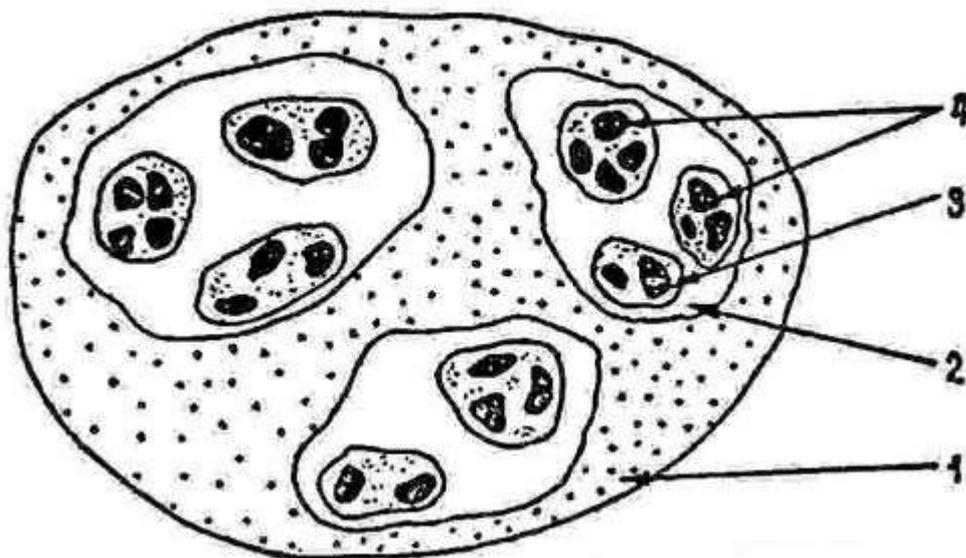
Существует масса классификаций популяций. Их можно различать по размерам и степени генетической самостоятельности, длительности существования, способу размножения особей и т.д.

По размерам занимаемой территории различают популяции (приведено по: Наумов Н.П., 1963) (рис. 7):

1. **Географические** (как правило, географическая популяция представлена группой популяций вида на сплошной территории с географически однородными условиями существования). Например, географическая популяция узкочерепной полевки протягивается по территории Уральской равнинно-горной страны от тундры Полярного Урала до степей Мугоджар.

2. **Экологические** (менее крупные по занимаемой площади популяции, приуроченные к конкретным биогеоценозам). Например, популяции серой полевки приурочены либо к зарослям кустарника, либо к луговым формациям. Экологические популяции растений в границах конкретного фитоценоза называют ценопопуляциями.

3. **Элементарные (микрораспространенные)** – более или менее крупные пространственные группировки особей вида, занимающие локальные участки внутри биогеоценоза. В состав элементарных популяций входят генетически однородные особи. Внутри одного биогеоценоза элементарных популяций может быть несколько десятков.



*Рисунок 7 – Пространственное подразделение популяций
(по Наумову Н.П., 1963):*

*1 – ареал вида; 2, 3, 4 – географическая, экологическая
и элементарная популяции*

По способу размножения популяции делят:

- а) на панмиктические – состоят из особей, размножающихся половым путем. Для особей характерно перекрестное оплодотворение;
- б) клональные – состоят из особей, размножающихся вегетативно;
- в) клонально-панмиктические – представлены особями, у которых чередуется бесполое и половое размножение.

5.3. Структура и свойства популяции (статические и динамические)

Статические показатели популяции: численность, плотность, половая структура, возрастная структура, генетическая структура, пространственная структура, этологическая структура.

Численность

Численность – показатель, характеризующий общее количество особей в популяции на всем ее ареале. Численность особей в популяции может меняться. Число особей в популяции ограничивается наличными ресурсами. Популяции морских желудей не могут продолжать увеличиваться после того, как они покрыли всю имею-

щуюся в данном местообитании поверхность скал. Число пар синиц в лесу не может превысить число имеющихся мест для гнездования. Численность хищников не может повыситься так сильно, чтобы численность их жертв опустилась ниже уровня, необходимого для поддержания популяции самих хищников. Поддержание оптимальной в данном местообитании численности называют *гомеостазом* популяции. Естественная среда редко бывает стабильной. Изменение климата и количества доступной пищи оказывает влияние на выживание и плодовитость, и тем самым непрерывно изменяет направление и скорость роста природных популяций. Популяции крупных растений и животных с большой продолжительностью жизни и медленным размножением сравнительно нечувствительны к изменяющимся условиям среды вследствие заложенной в них способности к гомеостазу. Например, после того как овцы обосновались на острове Тасмания, численность их популяции в течение почти 100 лет претерпевала неупорядоченные колебания в пределах от 1 230 000 до 2 250 000 особей.

Организмы с более короткой продолжительностью жизни и с высокой репродуктивной способностью более чувствительны к кратковременным флуктуациям среды; численность их популяций нередко увеличивается или уменьшается в сотни и даже тысячи раз за несколько дней или недель (например, одноклеточные водоросли, входящие в состав фитопланктона меняют численность в своей популяции за несколько дней). Если продолжительность жизни у того или иного вида мала, то величина популяции зависит от времени года. На юге Австралии на розах паразитирует мелкое насекомое-вредитель трипс. Когда условия благоприятны, то численность трипса резко увеличивается. Когда же наступает засуха, численность вредителя падает. Наблюдается своеобразная цикличность изменения численности в популяции трипса. Трипсы питаются главным образом пыльцой, которая есть практически всегда, поскольку на юге Австралии климат – средиземноморский. Однако зимой в результате подавляющего действия прохладных температур на скорость развития и плодовитость, численность трипсов заметно снижается. Рост популяции, кроме того, сдерживается высокой смертностью неполовозрелых стадий, развитие от яйца до имаго зимой продолжается так долго, что большая часть цветков увядает и осыпается, прежде чем трипсы достигают зрелости. Теплая погода весной повышает чистую скорость размножения трипсов, со-

крашая при этом среднее время генерации. В этих условиях численность популяции насекомого быстро достигает высокого уровня. Наступающая летняя засуха, повышая смертность среди вредителей, задерживает рост популяции и приводит к быстрому снижению численности в конце ноября или начале декабря (приведено по Риклефсу Р., 1979). Как было отмечено выше, для популяций некоторых долгоживущих организмов, в частности для птиц и млекопитающих, характерны упорядоченные колебания численности с чередованием подъемов и спадов через определенные интервалы – от трех до десяти лет. Особенно четко такие колебания выражены у обитателей арктических областей Нового Света. Например, популяции рыси в Канаде достигают максимума примерно через каждые 10 лет, причем цикл колебаний их численности следует за циклом их основной жертвы – зайца-беляка. По-видимому, циклы связаны с взаимодействиями хищник – жертва. То есть увеличение популяции зайца сопровождается увеличением популяции рыси, которая, в конце концов, достигает такой плотности, что популяция зайца не может выдержать давления хищника и начинает сокращаться. Вслед за этим начинается снижение численности рыси, вызванное сокращением запасов ее пищи. Когда рыси становится мало, популяция зайца может начать увеличиваться, и цикл возобновится. Однако не всегда это объяснение можно считать адекватным. Во-первых, репродуктивный потенциал у зайца гораздо выше, чем у рыси, поэтому популяция рыси не может увеличиваться с такой скоростью, чтобы вызвать резкое сокращение популяции зайца, во-вторых, пики численности популяции рыси иногда совпадают с пиками численности зайца, или предшествуют им, в-третьих, на некоторых островах, где рыси нет совсем, наблюдаются такие же колебания численности популяции зайца-беляка. Возможно, что циклы численности популяций этих животных вызваны периодическими снижениями качества и количества растений, которыми питается заяц, что в свою очередь вызывает сокращение популяции зайца (и рыси), создавая возможность для восстановления растительности после чрезмерного выедания ее зайцами. Любопытные вещи были отмечены для популяции лемминга на мысе Барроу. Циклические изменения численности популяции этого зверька были связаны с качеством растительности. Так, максимальная численность в популяции лемминга отмечалась, когда содержание белка в растениях достигало 22%. Минимальная численность популяции наблюда-

лась, когда содержание белка в растениях падало до 14%. Если циклические изменения популяции лемминга параллельны циклическим изменениям качества растений, то возможно, что они взаимосвязаны: общее количество доступных питательных веществ в экосистеме тундры может быть так мало, что в годы максимальной численности они в основном потребляются леммингами, в результате чего подавляется рост растений и снижается их питательная ценность. Питательные вещества вновь поступают в круговорот лишь после гибели большого числа леммингов и разложения их останков (Риклефс Р., 1979).

Выделяют три механизма торможения роста численности популяций:

1. При возрастании плотности повышается частота контактов между особями, что вызывает у них стрессовое состояние, уменьшающее рождаемость и повышающее смертность.

2. При возрастании плотности усиливается эмиграция в новые местообитания, краевые зоны, где условия менее благоприятны и смертность увеличивается.

3. При возрастании плотности происходят изменения генетического состава популяции, например, быстроразмножающиеся особи заменяются теми, которые медленно размножаются.

Большое увеличение численности до уровня «*популяционного взрыва*» наблюдается там, где отсутствуют его естественные враги. Например, бурный рост численности наблюдался при заносе в Европейские реки и озера элодеи канадской, водяного гиацинта (из Венесуэлы), рапана в Черное море (из морей Юго-Восточной Азии), опунции и кроликов в Австралию (из Мексики и Франции соответственно). В целях сокращения популяций видов интродуцентов был применен биометод, который заключался в завозе вслед за видами-переселенцами их естественных врагов. Например, для борьбы с кустарником лантана на Гавайские острова к 1924 году было завезено 23 вида насекомых, являющихся естественными врагами растения на его родине, к 1956 году это количество было доведено до 50 видов (приведено по: Пономарева И.Н., 1994).

Плотность

Плотность популяции – величина популяции, измеряемая числом особей или биомассой популяции на единицу площади или объема. Например, 500 деревьев на 1 га, или 5 млн диатомей на 1 м³ воды. Можно различать *среднюю плотность*, то есть численность

(или биомассу) особей на единицу всего пространства. Можно говорить об *экологической* или *удельной* плотности, т.е. о численности (или биомассе) на единицу обитаемого пространства или объема, которые фактически могут быть заняты популяцией. Для измерения плотности популяций существует много методов. Среди них:

1. Тотальный учет, возможный для крупных животных, собирающихся в группы на ограниченной территории.

2. Метод пробных площадок. Он состоит в подсчете и взвешивании организмов на пробных площадках или трансектах.

3. Метод мечения с повторным отловом (для подвижных животных). Из популяции отлавливают часть животных, метят их и снова выпускают. Доля меченых животных в последующей выборке используется для определения сначала общей численности, а затем и плотности.

4. Метод изъятия, при котором число организмов, собранных с некоторой площади при последовательных выборках, откладывается по оси ординат, а число из собранных ранее – по оси абсцисс. Если вероятность поимки относительно постоянна, то точки ложатся вдоль прямой линии. Эту линию можно продлить до нулевой точки (на оси абсцисс), теоретически соответствующей 100% изъятию с данной площади.

5. Методы без взятия проб (для неподвижных организмов). Например, метод случайных точек (для деревьев в лесу), при котором измеряют расстояние от ряда произвольно выбранных точек до ближайших особей по всем четырем направлениям. Плотность на единицу площади оценивают по среднему расстоянию (приведено по: Одум Ю., 1986).

Половая структура

Половая структура – соотношение половых групп у видов с преобладающим половым размножением. Процентное соотношение в популяции разнополых особей может служить индикатором на условия существования. Например, увеличение количества самцов в стаде зубров на территории Беловежской пуши являлось следствием недокорма животных. Параллельно с ухудшением условий существования в популяциях многих видов отмечается в первую очередь высокая смертность самцов. Более высокая стойкость самок объясняется более высоким уровнем обмена веществ и большей избирательностью в пище (самки реже питаются отравленной или испорченной пищей). Например, самцы осетра питаются всякой

рыбой, а самки лишь бычками из семейства Гобиида. Однако есть виды, у которых более избирательно относятся к пище самцы, например, самка куницы – всеядна, а самец питается в основном белками и крупными птицами.

Теоретически соотношение полов в популяции одинаковое 50:50%. Фактическое соотношение полов зависит от действия различных факторов. Например, у некоторых рыб различают три типа половых хромосом Y , X , W . Из них Y -хромосома несет гены мужского пола, а X - и W -хромосомы – гены женского пола, но разной степени «мощности». Если генотип особи имеет вид YY , то развиваются самцы; если XY – самки, а если WY , то в зависимости от условий среды могут развиваться либо самки, либо самцы. В популяциях меченосцев соотношение полов зависит от рН среды. При рН=6,2 количество самцов колеблется от 90 до 100%, а при рН=7,8 – от 0 до 15%. Довольно часто в популяциях низших животных и растений встречается партеногенез. Это одна из форм полового размножения, при которой женские половые клетки (яйцеклетки) развиваются без оплодотворения. Значение партеногенеза возрастает при редких контактах разнополых особей. Часто размножение посредством партеногенеза чередуется с обоеполым (циклический партеногенез). Из неоплодотворенных яиц могут появляться и самки и самцы (тля, поколение полоносок), только самки (ящерицы), только самцы (трутни у пчел).

Определенный набор хромосом – главный отличительный признак каждого вида. До недавнего времени считалось, что какие-либо различия в хромосомном наборе могут быть только у разных видов. Однако оказалось, что существуют и внутривидовые хромосомные различия, обусловленные географическими особенностями обитания того или иного вида, и различия внутри популяции. Пионерские результаты были получены в ходе изучения эволюции половых хромосом и генетических механизмов определения пола на примере копытного лемминга. Этот грызун из семейства полевок изучался на Полярном Урале группой сотрудников Института экологии растений и животных УрО РАН, во главе с Эмилией Абрамовной Гилевой (2004). Лемминги интересны тем, что у них есть уникальный механизм определения пола, в основе которого лежит мутация. Мы знаем, что женский организм отличается от мужского наличием двух X -хромосом, тогда как в мужском имеются X - и Y -хромосомы. Благодаря мутации даже те особи, у которых изначально были заложены X - и Y -хромосомы, становятся самками. В

результате соотношение численности в популяциях копытных леммингов составляет в большинстве случаев 70:30, а в некоторые годы достигает 97:3, то есть численность самок может резко увеличиваться, что позволяет им размножаться в огромных количествах. Как показали исследования, важно чтобы разнообразие сохранялось не только на видовом, но и на хромосомном уровне, как между животными, обитающими в географически удаленных регионах, так и внутри одной популяции. Сильным мутационным фактором является радиационное воздействие. В местах сильного радиационного загрязнения возможна гибридизация разных видов-двойников обыкновенной полевки, сходных морфологически, но отличающихся по хромосомным наборам. Любопытно, что на чистых территориях гибридизация не происходит, а вот в загрязненных местах, там, где у животных возрастает количество хромосомных мутаций, это реальный факт. Ценным является подтверждение также и того факта, что морфологические изменения могут быть маркерами химического загрязнения окружающей среды.

Возрастная структура

Возрастная структура – соотношение в популяции разных возрастных групп. Соотношение в популяции разных возрастных групп определяет способность популяции к размножению и показывает, чего можно ожидать в будущем. В каждой популяции можно выделить три возрастные экологические группы (фазы):

- 1) предрепродуктивную;
- 2) репродуктивную;
- 3) пострепродуктивную.

Длительность этих возрастных фаз варьирует у разных организмов. У современного человека все три фазы приблизительно одинаковы по продолжительности (на каждую приходится около 1/3 всего онтогенеза). У первобытного человека короче была пострепродуктивная фаза. Для многих животных и растений наоборот характерен длинный предрепродуктивный период. Обычно в быстро растущих популяциях значительную долю составляют молодые особи; в популяциях, находящихся в стационарном состоянии, возрастное распределение более или менее равномерно; в самоизреживающихся популяциях – выше доля старческих особей. Любая популяция, находящаяся в стабильной среде при благоприятных условиях, в конце концов, приближается к некоторому стабильному возрастному распределению (приведено по: Одум Ю., 1986; Жигальский О.А., Белан О.Р., 2001).

Как было отмечено выше, в популяциях выделяют несколько возрастных групп. Так, в популяциях растений Т.А. Работнов (1950) выделяет:

1) *латентную группу* (зачатки в виде семян, спор, диаспор);

2) *виргинильную* – девственную группу (распадается на три: всходы, *ювенильную* – молодые растения, *прематурные* – взрослые девственные). Последняя группа может распадаться на *имматурные* и *виргинильные* (приведено по: Жукова Л.А., 1987);

3) *генеративную* (включает половозрелые особи, цветущие и плодоносящие);

4) *сенильную* – старческую группу (растения, потерявшие способность размножаться).

У животных аналогичные возрастные группы были выделены Г.А. Новиковым (1979):

1) *новорожденные* (до момента прозревания);

2) *молодые* – подрастающие особи, еще не достигшие половой зрелости;

3) *полузрелые* – близкие к половой зрелости;

4) *взрослые* – половозрелые животные, которые размножаются или физиологически способны размножаться;

5) *старые* – переставшие размножаться особи.

Итак, если в условиях биогеоценоза представлены в популяции все возрастные группы, она считается нормальной, если в ней доминируют лишь молодые возрастные группы, то такая популяция называется инвазионной, если же большинство особей представлено старческими возрастными группами, то популяция принадлежит к регрессивному типу.

Абсолютный возраст особи можно определить не у всех видов. У деревьев возраст определяется по количеству годовых колец, у многолетних травянистых растений – по количеству слоев ксилемы в подземных органах, у рыб – по количеству годовых колец на чешуе, у некоторых млекопитающих – по зубам и т.д. У организмов с метаморфозом группа особей одинакового физиологического возраста представляет одну стадию развития. Так, в популяциях насекомых различают стадии яиц, личинок, куколок, взрослых особей. Возрастной состав популяций можно графически изобразить в виде возрастных пирамид. Первая возрастная пирамида, характерная для демографически неблагополучных стран с высокой детской смертностью и низкой продолжительностью жизни (кривая выживания II типа) похожа на равнобедренный треугольник, вторая возрастная

пирамида, характеризующая население демографически благополучной страны с низкой рождаемостью, низкой смертностью и высокой продолжительностью жизни (кривая выживания I типа) похожа на вытянутый прямоугольник.

Генетическая структура

Генетическая структура – соотношение в популяции различных генотипов и аллелей. Совокупность генов всех особей популяции называют генофондом. Генофонд характеризует частоты аллелей и генотипов. Частота аллеля – его доля во всей совокупности аллелей данного гена. Сумма частот всех аллелей равна единице. Зная частоты аллелей, можно вычислить частоты генотипов в популяции:

$$p+q=1,$$

где p – доля доминантного аллеля A ;

q – доля рецессивного аллеля a ;

$$(p+q)^2=p^2+2pq+q^2=1,$$

где p и q – частоты доминантного и рецессивного аллелей соответственно;

p^2 – частота гомозиготного доминантного генотипа AA ;

$2pq$ – частота гетерозиготного доминантного генотипа Aa ;

q^2 – частота гомозиготного рецессивного генотипа aa .

Согласно закону Харди-Вайнберга относительные частоты аллелей в популяции остаются неизменными из поколения в поколение. Однако без изменения генофонда популяции невозможен эволюционный процесс. Эволюция же идет постоянно. Факторами, изменяющими генетическую структуру популяции, следует считать:

а) *мутации* – источник возникновения новых аллелей;

б) неравную жизнеспособность особей (*внутривидовая изменчивость*);

в) *неслучайное скрещивание* (например, при самооплодотворении частота гетерозигот постоянно падает);

г) *дрейф генов* – случайное изменение частоты аллелей, например, вследствие заболеваний;

д) *миграции* – отток имеющихся генов и приток новых (приведено по: Щукин И., 2004).

Пространственная структура

Пространственная структура – территориальная организация популяции (иначе, особенности распределения особей в пределах ареала, занимаемого популяцией).

Распределение особей внутри популяции в пространстве может быть:

- 1) случайным;
- 2) равномерным;
- 3) групповым.

Случайное распределение наблюдается, когда среда очень однородна, а организмы не стремятся объединиться в группы. Равномерное распределение встречается там, где между особями очень сильна конкуренция или существует антагонизм, способствующий равномерному распределению в пространстве. Чаще всего особи в популяции обладают тенденцией образовывать группы. Случайное распределение можно наблюдать у личинок мучных хрущаков, пауков, двустворчатых моллюсков. Деревья в лесу отстоят друг от друга на приблизительно одинаковом расстоянии. Примерами группового распределения можно считать проживание большинства рыб, пчел, муравьев, термитов, копытных, мышевидных грызунов и т.д. Итак, для большинства популяций разных видов характерно образование групп разных размеров. Такие группы представляют собой результат агрегирования особей, происходящего по разным причинам:

- 1) вследствие локальных различий в местообитаниях;
- 2) под влиянием суточных и сезонных изменений погодных условий;
- 3) в связи с процессами размножения;
- 4) в результате социального притяжения (у высших животных).

Агрегация может усиливать конкуренцию между особями за компоненты минерального питания, пищу или пространство. Однако все это уравнивается повышением жизнеспособности группы, поскольку группа обладает большими возможностями для своей защиты, обнаружения ресурсов или изменения микроклимата. Степень агрегации, так же, как общая плотность, при которой наблюдается оптимальный рост, и выживание популяции варьирует у разных видов и в разных условиях; поэтому как «недонаселенность», так и «перенаселенность» могут оказывать лимитирующее влияние. Это и есть *принцип Олли* (приведено по: Одум Ю., 1986).

Этологическая структура

Этологическая структура – поведенческая структура популяции. *Одинокое проживание* характерно для некоторых видов животных. Как правило, это крупные млекопитающие, имеющие свои закрепленные участки. Например, медведь-самец большую часть жизни ведет одиночный образ жизни и лишь в сезон размножения на непродолжительное время встречается с самкой. «Мечение» территории не только разграничивает пространство, но и является надежным средством установления контактов. «Мочевые» точки иначе называют «обонятельным телефоном». Мечение может выражаться в заскребах на коре, оставлении секрета потовых и сальных желез на стволах деревьев и траве. По запаху и следам меток животные получают информацию о физическом состоянии, возрасте, половой активности тех, кто побывал на подведомственной территории. *Семья* – репродуктивная группа особей одного вида, проживающая совместно в целях облегчения своего существования и воспитания потомства. Семьи могут быть *моногамными* (с одним половым партнером) и *полигамными* (несколько половых партнеров). Примеры: лебедь, страус, лиса, енот, бобр, лев.

Стая – временное объединение животных, которые проявляют биологически полезную организованность действий. Стаи встречаются среди рыб, птиц и некоторых млекопитающих (собачьих). В стае выполняются такие важные для жизни вида функции, как защита от врагов, добыча пищи, миграции. У животных в стае нередко развито подражательное поведение. Иногда в стае может быть вождь. Примеры: волк, сельдь, гиены.

Стадо – более постоянное, чем стая объединение животных, в котором проявляется иерархия между особями, и отношения строятся по типу «доминирование – подчинение». В стаде осуществляются все функции вида: добывание кормов, защита от врагов, размножение, воспитание молодняка, миграции. В стаде имеется лидер, во многом определяющий поведение стада. Примеры: слон, копытные, приматы.

Колония – постоянное, или на период размножения, временное скопление животных на сравнительно ограниченной территории. Колониальный образ жизни свойственен птицам (чайкам, ласточкам, гусям, пеликанам, бакланам, фламинго, пингвинам) и мелким млекопитающим (суркам, сусликам, пищухам).

Динамические показатели популяции: рождаемость, смертность, скорость роста популяции, кривые выживания.

Рождаемость

Рождаемость – способность популяции к увеличению численности. Рождаемость может быть *максимальной (абсолютной, потенциальной)* и *реализованной (экологической)*. Максимальная рождаемость означает общее количество потомков, которое теоретически может появиться на свет от материнских особей в популяции данного вида. Реализованная рождаемость означает реальное количество потомков, которые появляются на свет в конкретных условиях среды. Величина рождаемости зависит от многих причин: соотношения полов и возрастных групп, возможного количества генераций за год, того возраста, в котором реально материнские особи в состоянии производить потомство. Рождаемость можно характеризовать через число особей, родившихся за определенный промежуток времени. Этот промежуток устанавливается в соответствующем масштабе биологического времени. Для бактерий он равен 1 ч, для водорослей – неделе, для насекомых – месяцу, для человека и других крупных млекопитающих – году. Обычно рождаемость выражают либо как скорость, определяемую путем деления общего числа вновь появившихся особей на время (*общая рождаемость*), либо как число вновь появившихся особей в единицу времени на 1 особь в популяции (*удельная рождаемость*). Различие между абсолютной (общей) и удельной рождаемостью можно проиллюстрировать следующим примером: популяция простейших из 50 особей увеличивается путем деления. Через час ее численность возросла до 150 особей. Абсолютная рождаемость при этом составила 100 особей за 1 час, а удельная рождаемость (средняя скорость изменения численности на особь в популяции) составляет 2 особи в час при 50 исходных.

Смертность

Смертность отражает естественную или случайную гибель особей в популяции. Это определенная антитеза рождаемости. Смертность можно выразить числом особей, погибших за данный период (число смертей в единицу времени), или же в виде *удельной смертности* для всей популяции или любой ее части. *Экологическая, или реализованная смертность* – гибель особей в данных условиях среды. *Минимальная смертность* – величина, постоянная для популяции, представляющая собой гибель особей в идеальных условиях, при которых популяция не подвергается лимитирующим воздействиям. Даже в самых лучших условиях особи будут умирать

от старости. Этот возраст определяется физиологической продолжительностью жизни, которая часто превышает среднюю экологическую продолжительность жизни.

Скорость роста популяции

Скорость роста популяции (число особей, прибавляемых к популяции или отнимаемых от нее) равна рождаемости минус смертность. Иначе, скорость роста популяции – это изменение численности популяции в единицу времени. Для каждого набора условий среды существует некая плотность популяции, при которой рождаемость и смертность точно уравниваются друг друга и не происходит ни роста, ни сокращения численности популяции. Это равновесное состояние популяции соответствует так называемой емкости среды. Скорость роста популяции может быть положительной, нулевой и отрицательной. Она зависит от показателей рождаемости, смертности и миграции. Различают абсолютную и удельную скорость роста популяции. Скорость роста может быть выражена в виде J-образной и S-образной кривой. Первая отражает неограниченный, экспоненциальный рост численности популяции, не зависящий от плотности популяции и не ограничиваемый емкостью среды. Вторая отражает логистический тип роста, зависящий от плотности популяции, никогда не превышающий емкости среды, при котором скорость роста популяции снижается по мере роста численности особей.

Кривые выживания

Выживаемость – оставшееся количество особей в популяции после естественно или случайно погибших особей за единицу времени. Кривые выживания подразделяют на три общих типа. Сильно *выпуклая* кривая характерна для видов, в популяциях которых смертность почти до конца жизненного цикла остается низкой (по Дре Ф., 1976, эта кривая называется «*кривой дрозофилы*»). Этот тип выживания характерен для крупных млекопитающих, и, в первую очередь, – для человека. Другой вариант – сильно *вогнутая* кривая, она получается, если смертность высока на ранних стадиях (по Дре Ф., 1976, эта кривая называется «*кривой устрицы*»). Хорошей иллюстрацией этого типа являются моллюски и дубы: смертность очень велика у свободноплавающих личинок и прорастающих желудей, но как только особь приживется на соответствующем субстрате, продолжительность жизни сильно увеличивается. К промежуточному типу относятся кривые выживания для тех видов, у которых удельная выживаемость для каждой возрастной

группы более или менее одинакова, поэтому кривая приближается к диагонали (по Дре Ф., 1976 эта кривая называется «кривой гидры»). Существует еще ступенчатый тип кривой выживания («кривая бабочки»), – он характерен для видов, у которых выживаемость сильно варьирует на последовательных стадиях жизненного цикла, как это бывает у чешуекрылых (насекомых с полным превращением). Форма кривой выживания связана со степенью заботы о потомстве и другими способами защиты молоди. Так, кривые выживания пчел и дроздов (заботятся о потомстве) значительно менее вогнуты, чем у кузнечиков и сардин (о потомстве не заботятся). Кстати говоря, у последних видов это обстоятельство компенсируется большим количеством откладываемых яиц. Форма кривой выживания может варьировать в зависимости от плотности популяции. Кривая выживания более плотной популяции заметно вогнута. Иными словами, у оленей, живущих на освоенной территории, где количество пищи больше в результате планомерного выжигания человеком старых зарослей, ожидаемая продолжительность жизни меньше, чем у оленей, живущих на неосвоенной территории; это, по-видимому, связано с более интенсивной охотой, внутривидовой конкуренцией и т.п. С точки зрения охотника, освоенная территория более благоприятна, но для оленя на менее населенной территории больше шансов выжить. Особенности размножения сильно влияют на рост популяции и другие ее характеристики. Естественный отбор может воздействовать на разные типы изменений жизненного цикла, что приводит к появлению адаптивных свойств. Так, давление отбора может изменить сроки начала размножения, не затрагивая общее число производимых потомков, или отбор может влиять на величину выводка, не меняя сроков размножения (приведено по: Одум Ю., 1986).

Контрольные вопросы

1. Что такое популяция? Почему биологические виды существуют в форме популяции?
2. Какие типы популяций существуют?
3. Назовите статистические параметры популяции.
4. В чем состоит практическое значение изучения популяции?
5. Как происходит регуляция численности популяции?

Лабораторная работа 5. Модель рационального питания (определение суточных энергозатрат и составление рациона питания, обеспеченности организма витаминами и микроэлементами)

Питание является важнейшим фактором, определяющим здоровье человека. Рациональное питание следует рассматривать как одну из главных составных частей здорового образа жизни, средство алиментарной профилактики распространенных заболеваний и продления активного периода жизнедеятельности. Адекватное, сбалансированное фактическое питание обуславливает нормальный рост и развитие организма, адаптацию к воздействию окружающей среды, поддержание иммунитета, умственной и физической работоспособности.

В отличие от других факторов окружающей среды пища является сложным, многокомпонентным фактором. В зависимости от свойств и состава пища по-разному влияет на организм. С ее помощью можно изменить функцию и трофику тканей, органов и систем организма в сторону их усиления или ослабления. Возможность улучшения здоровья посредством питания на любом этапе онтогенетического развития является общепризнанной и показанной. Еще И.П. Павлов отмечал, что существенная связь живого организма с окружающей его природой осуществляется через известные химические вещества, которые должны поступать в состав данного организма с пищей.

Тесная связь организма с окружающей средой через пищу проявляется в обмене веществ и энергии (метаболизм). Оптимальность этой связи зависит от биологических, экологических (природно-исторических) и социально-экономических факторов.

Пища, являясь первой жизненной необходимостью организма, источником различных пищевых и вкусовых веществ, необходимых для обеспечения гомеостаза и поддержания жизненных функций на высоком уровне при различных условиях труда и быта, при определенных условиях может быть причиной и фактором передачи различных заболеваний инфекционной и неинфекционной природы.

При всех недостатках нашего питания, нарушениях режима, количества и качества принимаемой пищи, большинство из нас, как правило, не ощущает сколько-нибудь негативных последствий непра-

вильного питания. У большинства людей сам организм достаточно успешно помогает восстанавливать физиологическое равновесие на фоне каждодневного питания, весьма далекого от оптимального. Однако ошибки в питании, а это может быть недостаточное по количеству и составу основных компонентов или избыточное питание, нарушение соотношения (баланса) отдельных пищевых веществ (нутриентов), недостаток важнейших незаменимых (эссенциальных) компонентов – незаменимых аминокислот, витаминов, микроэлементов и т.д., нарушение режима питания, рано или поздно дают о себе знать. Любые погрешности в питании всегда вызывают различного рода сбои в работе отдельных органов и систем организма, первоначально затрагивая некоторые обменные процессы. Но со временем постепенно изменяется и функциональное состояние этих органов или систем, что приводит к нарушению физиологического равновесия в организме и возникновению болезни, в основе которой лежит пищевой (алиментарный) фактор. К числу алиментарно-зависимых заболеваний можно отнести такие широко известные болезни, как ожирение, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет и многие другие. Несмотря на то, что для каждого из этих заболеваний существует определенная наследственная предрасположенность, она реализуется и может быть ускорена на фоне действия алиментарного фактора. В развитии практически всех заболеваний можно проследить большее или меньшее влияние различных алиментарных факторов.

Таким образом, проблемы питания и здоровья, питания и болезни тесно взаимосвязаны и их решение лежит в основе первичной и вторичной алиментарной профилактики различных заболеваний. В этой связи рациональное питание следует рассматривать как одну из главных составных частей здорового образа жизни и продления периода жизнедеятельности. Соблюдение законов рационального питания ведет к повышению устойчивости организма к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Основной обмен – обмен веществ в организме, обеспечивающий количество энергии, необходимое и достаточное для жизнеобеспечения организма в спокойном состоянии.

Рацион – количество и состав пищи, предназначенной на определенный срок. Существуют четыре основных физиологических

принципа составления сбалансированного с потребностями организма рациона:

- калорийность суточного рациона конкретного человека должна соответствовать его энергетическим затратам;

- содержание в рационе белков, жиров и углеводов должно быть равным, по крайней мере, минимальной потребности;

- содержание в рационе витаминов, солей и микроэлементов должно быть равным, по меньшей мере, минимальной в них потребности;

- содержание в рационе витаминов, солей и микроэлементов должно быть ниже токсического уровня.

Цель работы: систематизировать и закрепить знания по основам рационального питания и освоить методы оценки адекватности фактического питания.

Оборудование, реактивы, материалы: калькулятор, таблица химического состава пищевых продуктов и калорийности.

Ход работы

1. Расчет суточной потребности в энергии, получаемой с пищей. Дневная потребность в энергии А 17 ккал/кг массы тела.

По таблице 6 определите общее необходимое количество энергии в зависимости от характера трудовой деятельности.

2. Определение ориентировочного состава пищи и количества продуктов.

Руководствуясь основным соотношением компонентов питания белки: жиры: углеводы – 1:1,4:4,1, рассчитайте, какая доля энергии должна приходиться на белки, жиры и углеводы. Затем определите соотношение белков, жиров и углеводов в единицах массы, если известно, что при утилизации в организме 1 г белков выделяется 4 ккал, 1 г жиров – 9 ккал, а 1 г углеводов – 4 ккал энергии.

Рассчитайте примерное количество продуктов, необходимое для сбалансированного питания человека в сутки.

Полученные в ходе работы результаты занесите в итоговую таблицу «Схема записи результатов», сделайте вывод о калорийности и примерном составе продуктов на сутки.

Таблица 6 – Расчет энергии в зависимости от характера трудовой деятельности человека

Группа	Характер труда	Необходимое количество энергии, ккал
I	Низкий уровень общей нагрузки. Работники умственного труда, административно-управленческий аппарат, бухгалтеры, научные работники, врачи, программисты, лица, не занимающиеся активно спортом	A+ 1/6A
II	Подвижный образ жизни. Студенты, работники сферы обслуживания, медсестры, швеи, агрономы, домохозяйки	A+1/3A
III	Нагрузка средней тяжести. Рабочие-станочники, слесари, работники коммунального обслуживания, пищевой промышленности, врачи-хирурги, лица, занимающиеся физическим трудом и спортом не более трех раз в неделю	A+1/2A
IV	Тяжелая напряженная физическая работа. Рабочие строительных специальностей, металлурги, работники газовой и нефтедобывающей промышленности, механизаторы, спортсмены при 5-6 тренировках в неделю	A+2/3A
V	Очень тяжелая работа. Каменщики, землекопы, бетонщики, грузчики и т.д.	2A

Таблица 7 – Некоторые соотношения компонентов условного рациона питания человека

Продукты	Содержание на 100 г продукта, г		
	белков	жиров	углеводов
Молочные	2,8	3,2	4,1
Мясные	15,1	16,0	
Мучные	9,5	1,0	68,9
Крупы	12,5	3,0	50
Картофель	1,9	3,0	16,0

3. Определение обеспеченности организма витаминами и микроэлементами.

Организму человека необходимы практически все биогенные элементы. Но по оценке Института питания РАМН, в нашей пище все

явственнее не хватает многих элементов, что вызвано особенностями переработки продуктов, длительностью их хранения, снижением потребления овощей и фруктов.

Так, для нормальной жизнедеятельности важен кальций, хранилище которого – желудок, кишечник, кости, составляет он и основу ткани зубов, необходим для нормальной возбудимости нервной системы, участвует в процессе свертывания крови, сопрягает процессы синтеза и секреции в клетках, активизирует сократительную функцию мышечной ткани. Кальций содержится в мышцах, особенно много его содержит мышца сердца, он способствует выведению из организма воды.

Магний, содержащийся в поперечно-полосатой мускулатуре, необходим для поддержания нормальной возбудимости нервной системы, функции сокращения мышц. При его недостатке появляются судороги в мышцах.

В костном мозге, селезенке, печени наивысшее содержание железа, необходимое для образования эритроцитов и поддержания физиологических функций организма.

При помощи тестов определите, достаточно ли ваш организм обеспечен микроэлементами и витаминами.

Тест на обеспеченность магнием

Вопрос	Да	Нет
Часто ли у вас бывают судороги (в частности ночные судороги икроножной мышцы)?		
Страдаете ли вы болями в сердце, учащенным сердцебиением и сердечной аритмией?		
Часто ли у вас случается защемление нервов, например, в области спины?		
Часто ли вы ощущаете онемение, например, в руках?		
Часто ли вам угрожают стрессовые ситуации?		
Регулярно ли вы употребляете алкогольные напитки?		
Регулярно ли вы применяете мочегонные средства?		
Много ли вы занимаетесь спортом?		
Предпочитаете ли вы белый хлеб и изделия из белой муки?		
Редко ли вы употребляете в пищу салат и зелень?		
Во время приготовления картофеля и овощей используете ли вы длительную водную обработку?		
При покупке минеральной воды вы не обращаете внимание на содержание в ней магния?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен магнием.

Тест на обеспеченность калием

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы мышечной слабостью?		
Повышено ли у вас давление?		
Склонны ли вы к отекам?		
Страдаете ли вы от пассивной деятельности кишечника?		
Принимаете ли вы регулярно мочегонные препараты?		
Употребляете ли вы регулярно в большом количестве алкогольные напитки?		
Очень ли активно вы занимаетесь спортом?		
Мало ли вы едите свежих фруктов?		
Редко ли салат и овощи попадают на ваш стол?		
Вы едите мало картофеля?		
Во время приготовления картофеля и овощей используете ли длительную водную обработку?		
Редко ли вы употребляете фруктовые и овощные соки?		
Редко ли вы едите сухофрукты?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен калием.

Тест на обеспеченность железом

Вопрос	Да	Нет
Часто ли вы чувствуете усталость и подавленность?		
Произошли ли у вас в последнее время изменения волос и ногтей (например, нетипичная бледность и шероховатость кожи, ломкие волосы, вмятины на ногтях)?		
Потеряли ли вы в последнее время много крови (аварии или донорство)?		
Обильны ли ваши менструации?		
Вы беременны?		
Занимаетесь ли профессионально спортом?		
Редко ли вы употребляете мясо?		
Выпиваете ли вы больше трех чашек черного чая или кофе в день?		
Вы едите мало овощей?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен железом.

Тест на обеспеченность кальцием

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы остеопорозом?		
Бывает ли у вас аллергия, например, на солнце?		
Принимаете ли вы регулярно препараты с кортизоном?		
Часто ли у вас бывают судороги?		
Вы беременны?		
Выпиваете ли ежедневно меньше одного стакана молока?		
Употребляете ли вы мало таких молочных продуктов, как йогурт или сыр?		
Пьете ли ежедневно напитки типа «Кола»?		
Употребляете ли вы мало зеленых овощей?		
Вы едите много мяса и колбасы?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен кальцием.

Тест на обеспеченность витамином А и β-каротином

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы куриной слепотой?		
Часто ли ночью водите машину?		
Много ли вы работаете на компьютере?		
Ваша кожа сухая и шелушится?		
Страдаете ли вы повышенной восприимчивостью к инфекции?		
Вы много курите?		
Вы редко едите темно-зеленые овощи такие, как листовой салат, зеленая капуста или шпинат?		
Редко ли попадают в ваше меню сладкий перец, морковь и помидоры?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином А и β-каротином.

Тест на обеспеченность витамином D

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы остеопорозом?		
Избегаете ли вы солнца?		
Вы едите мало рыбы, мяса и яиц?		
Вы не употребляете в пищу масло или маргарин?		
Вы не едите грибы?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином D.

Тест на обеспеченность витаминами группы B

Вопрос	Да	Нет
Часто ли вы чувствуете себя неспособным к деятельности и лишённым энергии?		
Легко ли вы раздражаетесь?		
Часто ли вы подвергаетесь стрессам?		
Есть ли у вас проблемы с кожей, например, сухая кожа, трещины в уголках рта?		
Вы регулярно употребляете алкогольные напитки?		
В вашем меню отсутствуют изделия из муки грубого помола?		
Вы вообще не едите мясо?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витаминами группы B.

Тест на обеспеченность витамином C

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы частыми простудами или повышенной восприимчивостью к инфекциям?		
Вы выкуриваете больше 5 сигарет в день?		
Часто ли вы принимаете медикаменты с ацетилсалициловой кислотой и обезболивающие?		
Редко ли вы едите свежие овощи?		
Вы едите мало сырых салатов?		
Часто ли вы едите сохраняющуюся в тепле или вновь разогретую пищу?		
Вы варите овощи и картофель в большом количестве воды?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином С.

Тест на обеспеченность витамином E

Вопрос	Да	Нет
Страдаете ли вы нарушениями кровообращения?		
У вас слабые соединительные ткани?		
Образуются ли у вас после повреждения некрасивые шрамы?		
Часто ли вы бываете на солнце?		
Вы курите?		
Часто ли вы подвергаетесь негативному влиянию, например, смога или выхлопных газов?		
Вы редко употребляете в пищу растительное масло?		
Вы используете растительный маргарин?		
В вашем меню отсутствуют изделия из муки грубого помола?		

Если на большинство вопросов вы ответили «нет», то ваш организм в достаточной степени обеспечен витамином E.

Задание. Составьте свой суточный пищевой рацион. Результат расчетов занесите в таблицу.

Проанализируйте результаты тестовых заданий и сделайте вывод об обеспеченности вашего организма витаминами, макро- и микроэлементами.

Сделайте выводы о калорийности пищевого рациона, оптимальности пищевого рациона, выполнении суточных норм в потреблении питательных веществ.

Схема записи результатов

Режим питания	Название блюда	Продукты, необходимые для его приготовления	Масса, г	Содержание во взятом количестве продукта, г			Калорийность, ккал
				белки	жиры	углеводы	
1-й завтрак							
2-й завтрак							
Обед							
Ужин							

Ответьте письменно на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается рациональность питания?
2. Какое значение имеют для организма белки, жиры, углеводы, витамины?
3. Чем обусловлена проблема голода современного населения Земли?
4. Охарактеризуйте требования, предъявляемые к питанию человека.
5. Приведите примеры заболеваний человека, связанные с недостатком витаминов.

Тема 6. ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ И КОНЦЕПЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ

6.1. Структура биоценоза. Биогеоценоз

Биоценоз (*от греч. bios – жизнь, koinos – общий*) – исторически сложившаяся организованная группа популяций растений, животных и микроорганизмов, живущих совместно в одних и тех же условиях среды, возникшая на основе биогенного круговорота и обеспечивающая его в конкретных условиях среды (приведено по: Радкевич В.А., 1997). Понятие «биоценоз» было предложено в 1877 году немецким ученым-зоологом К. Мебиусом. К. Мебиус, изучая устричные банки в Северном море, пришел к выводу, что каждая из них представляет собой сообщество живых организмов, все члены которого находятся в тесной взаимосвязи. Биоценоз является продуктом естественного отбора. Никакой биоценоз не может развиваться сам по себе, вне и независимо от среды. В природе складываются определенные комплексы, состоящие из отдельных частей, которые поддерживаются и функционируют как единое целое на основе взаимной приспособленности. Условно биоценоз можно расчленить на отдельные компоненты: фитоценоз – растительность; зооценоз – животный мир; микробоценоз – микроорганизмы. Однако ни в одном местообитании не может быть динамической системы, которая состояла бы только из растений или только из животных. В биоценозах между различными видами организмов возникают определенные связи (биотические отношения). Основной формой этих связей являются пищевые отношения (трофические связи). Трофические связи возникают между видами, когда один вид питается другими: живыми особями, мертвыми остатками, продуктами жизнедеятельности. Безусловно, в каждой системе действуют еще и топические связи (проявляются в изменении одним видом условий обитания другого вида), и форические связи (возникают, когда один вид участвует в распространении другого), и фабрические связи (заключаются в том, что один вид использует для своих сооружений продукты выделения, мертвые остатки или даже живых особей другого вида).

Итак, биоценоз является системой. Что означает термин «система»? Каковы признаки системы? В 1971 году немецкий профессор В. Тишлер вычленил важнейшие признаки системы:

1. Вся система возникает из сочетания готовых частей.

2. Части системы заменяемы и связаны не обязательно со всей системой, а только с основой ее существования.

3. Вся система поддерживается благодаря взаимной компенсации сил, следовательно, благодаря антагонизму, а не координации.

4. Существует лишь количественная, но не качественная способность к регуляции выпадающих компонентов системы.

5. Ограничение функционирования системы обусловлено внешними условиями, а не внутренними предпосылками.

В биоценозе как в системе можно выделить видовую, пространственную и экологическую структуры.

Видовая структура – число видов, образующих данный биоценоз. Видовую структуру рассматривают также как соотношение видов по численности или биомассе. Биоценозы в отношении видового разнообразия бывают бедными и богатыми. Богатыми считаются тропические леса, шельфовые зоны (или любой другой *эктон* – переходная зона между сообществами), некоторые островные сообщества. Бедные биоценозы приурочены к тундровым зонам, высокогорьям и пустынным районам Земли. Различают α - и β -разнообразие. α -разнообразие – видовое разнообразие в данном местообитании; β -разнообразие – сумма всех видов всех местообитаний в данном регионе. В каждом биоценозе можно выделить виды-доминанты – или виды, преобладающие по численности, и виды-эдификаторы – виды средообразователи, или виды, создающие условия для жизни других видов. Например, в таком биоценозе как сосновый лес, среди доминантов можно назвать сосну и мох кукушкин лен, который явно преобладает по численности в мохово-лишайниковом ярусе; а среди видов средообразователей, безусловно, будет сосна. На сфагновых торфяниках эдификатором будет сфагновый мох. Именно он будет создавать специфические условия биоценоза, которые отличаются плохой аэрацией, низкой теплопроводностью торфа, кислой реакцией среды, бедностью элементов минерального питания. В степных биоценозах эдификатором служит ковыль. Виды, живущие в биоценозе за счет доминантов, получили название преобладающих. Например, в дубовом лесу таковыми являются кормящиеся на дубе насекомые, сойки, мышевидные грызуны.

Все виды, слагающие биоценоз, в определенной степени связаны с доминирующими видами и видами эдификаторами. Внутри биоценоза формируются более или менее тесные группировки, комплексы популяций, зависящие от структурных элементов био-

ценоза. Так создаются единицы биоценоза – консорции. Учение о консорциях было разработано в 50-х годах XX века В.Н. Беклемишевым и Л.Г. Раменским. Консорция – совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биоценоза трофически или топически связана с видом эдификатором – автотрофным растением. В консорции можно выделить ядро (вид-эдификатор) и его окружение (сосуществующие вокруг ядра виды). Например, в сосняке ядром консорции будет сосна, а ее окружением можно считать всех связанных с ней эпифитов, паразитов, симбионтов, мутуалов, и пр.

Пространственная структура – распределение организмов в биоценозе по вертикали и горизонтали. При вертикальной градации биоценоза выделяют ярусы. Например, в сосняке ягодниково-разнотравном можно выделить 6 ярусов: древесный ярус (образован взрослыми соснами), ярус подлеска (рябина, береза, осина), ярус подроста (молодые особи вида эдификатора, древесных растений подлеска), ярус кустарников (лещина, шиповник), травяно-кустарничковый ярус, мохово-лишайниковый ярус. Ярусность может быть как надземной, так и подземной. В любом биоценозе могут быть и внеярусные растения, например, лианы. В лесах умеренных широт к таковым можно отнести, например, княжик сибирский.

При горизонтальном членении биоценоза можно говорить о его мозаичности. Горизонтально выделенные структурные элементы биоценоза получили наименование синузий. Они образуются потому, что растения, распределяясь неравномерно, создают то большие, то меньшие скопления, придающие растительному покрову мозаичный характер. В геоботанике синузия рассматривается как структурная часть фитоценоза, характеризующаяся определенным видовым составом и эколого-биологическим единством входящих в нее видов. Например, синузия сосны, синузия черники, синузия брусники, синузия мха кукушкин лен, синузия сфагнома и т.д. Помимо синузий при горизонтальном членении биоценоза можно говорить о парцелле. Парцелла – структурная часть при горизонтальном членении биоценоза, отличающаяся составом и свойствами компонентов, спецификой их связей и материально-энергетическим обменом. В отличие от синузии, парцелла – комплексная единица, так как в нее входят на правах участников обмена веществом и энергией не только растения, но и животные, и микроорганизмы, и почва, и атмосфера. Примером парцеллы может быть участок мелколиственного леса со всем его населением внутри более крупного хвойного (соснового) фитоценоза.

Экологическая структура – состав биоценоза из экологических групп организмов, выполняющих в сообществе в каждой экологической нише определенные функции. Например, экологическую структуру биоценоза отражает соотношение групп организмов, объединенных сходным типом питания. В лесах преобладают сапрофаги, в степях и полупустынях – фитофаги, в глубинах Мирового океана – хищники и детритоеды. Разные экологические группы по отношению к абиотическим факторам также преобладают в определенных типах сообществ. На болоте чаще встретишь растения-гигрофиты; в степях и полупустынях – ксерофиты; во влажном тропическом лесу – мезофиты, мезо-гигрофиты, гигро-гидрофиты и т.д.

Пространство с более или менее однородными условиями, заселенное тем или иным сообществом организмов (биоценозом) называется биотопом.

6.2. Основные отличия биогеоценоза от экосистемы

Любой биоценоз образует совместно с биотопом биологическую макросистему более высокого ранга – биогеоценоз.

Термин «биогеоценоз» предложил в 1940 году В.Н. Сукачев. За исключением некоторых деталей и этот термин можно считать тождественным термину «экосистема», предложенному в 1935 году английским исследователем А. Тенсли. Есть мнение, что термин «биогеоценоз» в большей степени отражает структурные особенности макросистемы. А термин «экосистема» больше описывает функциональные особенности системы. Впоследствии стали говорить о том, что принципиальным различием является то, что биогеоценоз всегда выделяется в рамках конкретного фитоценоза, а его границы можно отыскать на местности и нанести на карту, чего в отношении экосистемы сделать нельзя, поскольку «экосистема» – устойчивая безразмерная система живых и неживых организмов, в которой осуществляется внешний и внутренний круговорот вещества и энергии. Экосистема – это и капля воды с ее микробным населением, и пруд, и лес, и степь, и озеро, и город, и космический корабль, и аквариум, и т.д.

По В.Н. Сукачеву (1942), «биогеоценоз» – совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений – атмосферы, горной породы, гидрологических условий, растительности, животного мира, мира микроорганизмов и почвы. Эта совокупность отличается спецификой взаимодействий слагающих ее компонентов, их особой структурой и определенным типом

обмена веществ и энергии между собой и другими явлениями природы и представляет собой внутреннее противоречивое единство, находящееся в постоянном движении и развитии (1964). Экосистема – понятие безранговое, «биогеоценоз» имеет определенный ранг, поскольку это однородный участок наземной экосистемы, границы которого проведены по границам фитоценоза, выступающего в роли маркера этой единицы.

6.3. Экологическая ниша

Экологическая ниша – совокупность экологических факторов – абиотических и биотических – необходимых для существования популяции в экосистеме (приведено по: Миркин Б.М., Наумова Л.Г., 2005). Еще одно определение экологической ниши звучит следующим образом: экологическая ниша – место вида в природе, включающее не только его положение в пространстве и отношение к абиотическим факторам, но и функциональную роль в сообществе (в первую очередь, трофический статус). Впервые в науке понятие «экологическая ниша» использовал в 1917 году Дж. Гринел, который под нишей понимал пространство, которое вид занимает в сообществе. Спустя 13 лет Ч. Элтон использовал понятие «экологическая ниша» для обозначения способа питания вида, т.е. его места в пищевых цепях. Однако наиболее полное представление о нише связывают с именем Дж. Хатчинсона (1957), который рассматривал экологическую нишу как всю сумму связей вида с абиотическими и биотическими факторами. По Ю. Одуму, экологическая ниша – это «профессия» вида в экосистеме (т.е. из чего вид производит органику, куда эта органика перераспределяется, каким образом это происходит, и т.д.). Например, два вида морских желудей на литорали в Шотландии занимают разные экологические ниши. Критерием разделения экологических ниш является продолжительность затопления. Один вид обитает в нижней части литорали при ее более длительном затоплении, другой – в верхней при более кратковременном затоплении. Важно в этой связи правило русского эколога Ф. Гаузе, в 1930-х годах сформулировавшего принцип, получивший впоследствии его имя: «Два вида не могут сосуществовать, если они занимают одну экологическую нишу» (один из них должен погибнуть, либо уйти в другую экологическую нишу). Реально в природе этот принцип действует относительно, поскольку сосуществованию видов способствуют флуктуирующие ресурсы. Также всегда имеется третий вид, который сдерживает рост конкурирующих по-

пуляций, и, безусловно, всегда имеется мозаичность местообитания. В одной экологической нише виды могут сменять друг друга, то есть действует своеобразная модель карусели. Экологические ниши можно выделять как у животных, так и у растений. Например, в высокогорьях Кавказа распространены сообщества пустошей, где лишайники занимают самый верхний слой почвы и используют как источник воды и минеральных элементов атмосферные осадки; в более глубоких слоях субстрата расположены подземные органы злаков, корни которых используют почвенную влагу. Д. Хатчинсон различает два варианта ниш: фундаментальную и реализованную.

Фундаментальная ниша – ниша, которую вид может занять при отсутствии конкуренции. Она обусловлена генетически.

Реализованная ниша – часть фундаментальной ниши, которую вид занимает при наличии конкуренции. Она обусловлена и генетически, и экологически. Соотношение объемов фундаментальной и реализованной ниш – признак стратегии вида. Так, у виолентов эти объемы практически равны.

Биотоп – это как бы «адрес» организма, а экологическая ниша – его «профессия». Группы видов, обладающих сходными функциями и нишами одинакового размера, роль которых в сообществе подобна, называют гильдиями. Например, все мышевидные грызуны в зоне степей. Виды, занимающие одинаковые ниши в разных природных зонах или географических областях, называют экологическими эквивалентами. Например, бизоны в Северной Америке, зубры на территории Восточно-Европейской равнины.

6.4. Структурная организация экосистемы

В 1990-е годы академик А.М. Гиляров отмечал, что четкого определения экосистемы не существует, но обычно считается, что это совокупность разных обитающих совместно организмов, а также физических и химических компонентов среды, необходимых для их существования, или являющихся продуктами их жизнедеятельности. Сегодня есть две трактовки экосистемы.

При узком понимании к экосистеме относят только такие совокупности организмов и условий среды, в которых имеется режим саморегуляции: лес, озеро, болото, море. Если такую экосистему незначительно нарушить, то она самовосстановится. Такого понятия придерживался А. Тенсли.

При широком понимании (по Одуму Ю.) к экосистеме относят любые совокупности взаимодействующих организмов и условий

среды их обитания вне зависимости от того, имеется ли в них механизм саморегуляции. Например, город, ферма, лесопосадка, аквариум, космический корабль.

В каждой экосистеме можно выделить функциональные блоки, которые параллельно отражают трофическую структуру экосистемы. Это продуценты, консументы и редуценты.

Продуценты – автотрофные организмы, синтезирующие органические вещества из неорганического углерода, используя фотосинтез или хемосинтез (растения и цианобактерии – фотоавтотрофы, осуществляющие фотосинтез из углекислого газа и воды с выделением кислорода при использовании солнечной энергии и автотрофные бактерии – хемоавтотрофы, использующие для синтеза органических соединений химическую энергию окисления неорганических соединений).

Консументы – организмы, которые используют готовое органическое вещество в живом или мертвом состоянии. Внутри консументов можно выделить следующие функциональные группы:

- фитофаги – растительноядные организмы. От насекомых до крупных млекопитающих – лосей, слонов, жирафов;

- зоофаги – хищники. От крупных (лев, тигр, волк), до мелких (овод, слепень, комариха);

- паразиты – организмы, длительное время живущие внутри или на теле другого организма-хозяина и питающиеся за его счет;

- симбиотрофы – микроорганизмы (грибы, бактерии, простейшие), связанные отношениями взаимовыгодного сотрудничества с растениями или животными. Они питаются прижизненными выделениями или продуктами пищеварения, получению которых способствуют;

- детритофаги – животные, питающиеся детритом (мертвыми тканями животных или растений или экскрементами).

Редуценты (деструкторы) – гетеротрофные организмы, как правило, бактерии и грибы, питающиеся органическими остатками и разлагающие их до минеральных веществ. Благодаря редуцентам в атмосферу возвращается большая часть углекислого газа, потребленного в процессе фотосинтеза, а также образуется метан при анаэробном разложении органического вещества в условиях повышенной влажности.

Питаясь друг другом, организмы образуют цепи питания.

6.5. *Круговорот веществ и энергии в экосистеме.*

Пищевые цепи и сети

Цепь питания – последовательность организмов, по которой передается энергия, заключенная в пище, от ее первоначального источника. Каждое звено пищевой цепи – это самостоятельный пищевой уровень. Первый трофический уровень – продуценты, второй – растительноядные консументы, далее – хищники, затем – редуценты. Различают два типа пищевых цепей: цепи выедания (пастбищные) и цепи разложения (детритные).

Пастбищные цепи – пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов. Например, одуванчик – черепаха – ястреб – пухоед.

Детритные цепи – пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов или экскрементов. Например, детрит – земляной червь – ворона.

Пастбищные цепи преобладают в водных экосистемах; детритные – в экосистемах суши. В сообществах цепи переплетаются, поскольку в состав пищи каждого вида входит обычно не один, а несколько видов или продуктов питания. Таким образом, можно говорить о пищевых сетях. Благодаря их существованию и сложности выпадение какого-либо вида, как правило, не нарушает равновесия в экосистеме.

Существование жизни на Земле обусловлено круговоротом вещества и энергии. Этот так называемый биогенный круговорот важнейшая функция любого биогеоценоза. Его характер определяют изменения биомассы, структуры биогеоценоза, химизма среды. Однако вещества, переходя с одного трофического уровня на другой, высвобождаясь и вновь включаясь в состав живого вещества, частично исключаются из круговорота. В результате на Земле происходит накопление органических соединений в виде залежей полезных ископаемых (торф, уголь, нефть, газ, горючие сланцы). Биогенный круговорот веществ принял определенный характер с появлением зеленых растений, осуществляющих процесс фотосинтеза. Солнечная энергия, полученная растением, лишь частично используется в процессе фотосинтеза углеводов. Фиксированная в углеводах энергия представляет собой валовую продукцию биогеоценоза. Углеводы идут на построение протоплазмы и рост растений, причем часть их энергии затрачивается на дыхание. Определенный объем созданных продуцентами веществ служит кормом фитофа-

гов, остальные, в конце концов, отмирают и перерабатываются редуцентами. Корм, ассимилированный фитофагами, лишь частично используется для образования их биомассы. В основном он растрачивается на обеспечение энергией процессов дыхания и в некоторой степени выводится из организмов в виде экскрементов. Консументы второго порядка – хищники не истребляют всю биомассу своих жертв, а из съеденной пищи лишь часть используется на создание биомассы их собственного трофического уровня. Остальная же часть также затрачивается на энергию дыхания, теплоотдачу, выделяется с экскрементами. Таким образом, поток энергии, выраженный количеством ассимилированного в цепи питания вещества, уменьшается на каждом трофическом уровне.

Биологическая продуктивность – воспроизведение биомассы растений, животных и микроорганизмов, входящих в состав биогеоценоза.

Поток энергии, заключенный в пище, экосистеме (биогеоценозе), осуществляется направленно от автотрофов к гетеротрофам. На первом трофическом уровне зелеными растениями поглощается около 50% солнечной энергии. Часть этой энергии в процессе фотосинтеза преобразуется в энергию химических связей, – это валовая первичная продукция. Большая часть поглощенной растениями, но не усвоенной энергии, рассеивается в окружающую среду в виде тепловой энергии. Часть органических веществ окисляется, а высвобождающаяся энергия расходуется на поддержание метаболических процессов. В конечном счете эта энергия также рассеивается в виде тепла. Оставшаяся часть новообразованных органических веществ составляет прирост биомассы и называется чистой первичной продукцией. В чистую первичную продукцию превращается только 1% поглощенной растением энергии. До второго трофического уровня доходит только часть чистой первичной продукции. Та часть, которую ассимилировали консументы, частично тратится на дыхание, частично выделяется с экскрементами, а остальное накапливается в виде вторичной продукции. Вторичная продукция на каждом последующем трофическом уровне консументов составляет около 10% предыдущей. В результате, чем длиннее пищевая цепь, тем меньше остается к ее концу накопленной в органическом веществе энергии. Отсюда, число трофических уровней никогда не бывает слишком большим.

6.6. Типология экологических пирамид

Пищевые цепи можно представить в виде экологических пирамид. Различают три основных типа пирамид: *пирамида чисел* – отражает уменьшение численности организмов от продуцентов к консументам; *пирамида биомасс* – показывает изменение биомасс на каждом последующем трофическом уровне; *пирамида энергии* – имеет универсальный характер и отражает уменьшение количества энергии, содержащейся в продукции, создаваемой на каждом следующем трофическом уровне.

Основание пирамиды образуют растения-продуценты. Над ними располагаются фитофаги. Следующее звено представлено консументами второго порядка и так далее до вершины пирамиды, которую занимают наиболее крупные хищники. Высота пирамиды обычно соответствует длине пищевой цепи. И поскольку на верхние этажи пирамиды энергия доходит в очень малых количествах, цепь редко состоит более чем из 5-6 звеньев.

Ю. Одум сделал расчеты потока энергии от звена к звену в упрощенной теоретической экосистеме, сведя ее к одной примитивной цепи, функционирующей в течение года. Он рассуждал следующим образом. Допустим, имеется посев люцерны на площади в 4 га. На этом поле кормятся телята (предполагается, что они едят только люцерну), а телятиной питается 12-летний мальчик. Результаты расчетов, представленные в виде трех пирамид – численности, биомассы и энергии, свидетельствуют, что люцерна использует всего 0,24% всей падающей на поле энергии, из которой 8% приходится на телят; 0,7% энергии, накопленной телятами, расходуется на рост и развитие мальчика 12 лет. Схема в целом дает представление о масштабах снижения коэффициента полезного действия по мере перехода от основного звена в пирамиде к ее вершине: из всей солнечной энергии, падающей на 4 га люцернового поля, лишь немногим больше миллионной части ее хватает на пропитание мальчика в течение года (приведено по: Радкевич В.А., 1997). При оценке коэффициента усвоения энергии в пищевых цепях часто используют «число Линдемана»: с одного трофического уровня на другой в среднем передается 10% энергии, а 90% рассеивается. Однако это «число» чрезмерно упрощает и даже искажает реальную картину. Закон «10%» действует только при переходе энергии с первого трофического уровня на второй, да и то не во всех случаях. Эффективность усвоения энергии в следующих звеньях пищевой цепи – от

фитофагов к зоофагам или к хищникам высших порядков – может достигать 60%. Поведение энергии подчиняется действию первого и второго законов термодинамики.

Первый закон – о сохранении количества энергии при переходе ее из одной формы в другую. Энергия поступает в систему извне с солнечным светом и усваивается продуцентами. Далее она частично используется консументами и симбиотрофами, частично редуцентами, и частично затрачена на дыхание. Если суммировать все эти фракции расхода энергии, то сумма будет равна той потенциальной энергии, которая накоплена при фотосинтезе.

Второй закон – о неизбежности рассеивания энергии при переходе ее из одной формы в другую. В соответствии с этим законом энергия теряется при ее передаче по пищевым цепям. В наиболее общем виде эти потери отражает «число Линдемана» (приведено по: Миркин Б.М., Наумова Л.Г., 2005).

6.7. Аутогенные и аллогенные сукцессии

Сукцессии – поступательные изменения в биоценозе, в конечном счете приводящие к смене одного сообщества другим. Сукцессии выражаются в изменении видового состава и структуры сообщества. Ряд сменяющихся друг друга в сукцессии сообществ называется сукцессионной серией. По генезису сукцессии подразделяют на природные и антропогенные, аутогенные и аллогенные.

Антропогенные сукцессии обусловлены деятельностью человека. Природные сукцессии происходят под воздействием естественных сил.

Аутогенные сукцессии (самопорождающиеся) возникают вследствие внутренних причин. Они представляют собой постепенные изменения экосистемы под влиянием жизнедеятельности ее биоты. Меняются состав видов и функциональные параметры экосистемы в направлении формирования равновесного с климатом устойчивого состояния – климакса. Все эти сукцессии можно подразделить:

- на первичные автотрофные, начинающиеся с нуля, то есть в условиях, где практически не было жизни;

- вторичные автотрофные (восстановительные), которые начинаются после полного или частичного разрушения экосистемы под влиянием нарушений, либо после прекращения процесса аллогенных сукцессий;

- гетеротрофные (деградационные), в которых последовательно сменяют друг друга группы детритофагов, редуцентов и связанных с ними хищников и паразитов.

Аллогенные сукцессии вызваны внешними причинами. Эти сукцессии продолжаются до тех пор, пока действует внешний фактор, например, меняется климат. Как только это действие прекращается, начинается вторичная восстановительная сукцессия.

В результате сукцессий возникают новые «ансамбли» видов. Эволюция экосистем, однако может быть не только прогрессивной, сопровождающейся усложнением состава экосистемы, но и регрессивной, при которой происходит обеднение состава биоты экосистемы.

В зависимости от субстрата, на котором возникает сукцессия, различают *первичные и вторичные сукцессии*. Первичные сукцессии развиваются там, где ранее не было живых организмов (вулканические острова, оползни, голые скалы, сыпучие пески). Вторичные сукцессии происходят на месте, где ранее уже существовало какое-либо сообщество. Возникают они после нарушений в системе (пожар, вырубка, ураган). Сукцессионные изменения происходят до тех пор, пока не сформируется стабильная экосистема. Сообщество, находящееся в равновесии с окружающей средой, называется *климаксом*. Учение о равновесном состоянии экосистем было разработано американским экологом Ф. Клементсом. Клементс считал, что в любом географическом районе с одним типом климата есть только один тип экосистемы, который максимально соответствует этому климату. Например, в биоме тайги Восточной Европы это еловый лес. Позже сформулированные Клементсом представления претерпели ряд уточнений. Так, А. Тенсли и А. Найколсон показали, что в одном районе может сформироваться не один, а несколько климаксов, то есть будут различными экосистемы, формирующиеся при сукцессиях зарастания скал, озер, песков, суглинков и т.д. Концепция моноклимакса сменилась на концепцию поликлимакса. Было также уточнено, что климакс – не обязательно самая продуктивная и богатая видами экосистема. Как правило, максимальным богатством характеризуются «предклимаксовые» серийные экосистемы. Сукцессия не является четко детерминированным процессом – приход и уход видов могут происходить в разной очередности, к тому же некоторые виды вообще могут не участвовать в конкретной сукцессии.

Изменения экосистем могут быть циклическими: суточными (связанными с биоритмами, например, с жизнедеятельностью дневных и ночных животных); сезонными (обусловленными жизненными циклами животных и растений, например, с миграциями, листопадом); многолетними (зависящими от климатических особенностей года, динамики численности того или иного вида).

6.8. Разнообразие природных экосистем

В основе классификации для наземных экосистем лежит тип естественной (исходной) растительности; для водных экосистем – гидрологические и физические особенности.

Таблица 8 – Разнообразие природных экосистем

Тип по источнику энергии		Тип по возникновению	
		естественные	антропогенные
Автотрофные	Фотоавтотрофные	Тундры, болота, степи, леса, луга, озера, моря	Агроценозы, лесопосадки, морские «огороды»
	Хемоавтотрофные	Экосистемы подземных вод и рифтовых зон	-
Гетеротрофные	-	Экосистемы высокогорных ледников, океанических глубин и темных пещер	Города и промышленные предприятия, очистные сооружения, рыбопродукционные пруды, плантации шампиньонов и др.

Наземные экосистемы:

- 1) тундра: арктическая и альпийская;
- 2) бореальные хвойные леса (тайга);
- 3) листопадный лес умеренной зоны (широколиственные леса);
- 4) степь умеренной зоны;
- 5) чапараль (районы с дождливой зимой и засушливым летом);
- 6) тропические злаковники (графленд) и саванна;
- 7) пустыня: травянистая и кустарниковая;
- 8) полувечнозеленый сезонный (листопадный) тропический лес (районы с выраженными влажным и сухим сезонами);
- 9) вечнозеленый тропический дождевой лес.

Пресноводные экосистемы:

- 1) лентические (стоячие воды): озера, пруды, водохранилища;
- 2) лотические (текучие воды): реки, ручьи, родники и др.;
- 3) заболоченные угодья: болота, марши (приморские луга).

Морские экосистемы:

- 1) открытый океан (пелагическая экосистема);
- 2) воды континентального шельфа (прибрежные воды);
- 3) районы апвеллинга (плодородные районы рыболовства);
- 4) эстуарии (бухты, проливы, устья рек, лиманы);
- 5) глубоководные рифтовые зоны.

Кроме основных типов природных экосистем (биомов) различают переходные типы – экотоны (лесотундра, лесостепь, полупустыня) (приведено по: Одум Ю., 1986; Щукин И., 2004; Миркин Б., Наумова Л., 2005).

6.9. Искусственные экосистемы (агроценозы и урбоэкосистемы)

Сельскохозяйственные экосистемы занимают около 1/3 территории суши, при этом 10% – пашня, а остальное – естественные кормовые угодья. Для того чтобы управлять агроценозом, человек затрачивает антропогенную энергию – на обработку почвы, полив, внесение удобрений и химических средств защиты растений, обогрев животноводческих помещений, и т.п. Управление может быть интенсивным (высокое вложение энергии) и экстенсивным (низкие вложения энергии). Однако даже при интенсивной стратегии управления доля антропогенной энергии в энергетическом бюджете экосистемы составляет не более 1%.

Отличиями агроценозов от биоценозов являются:

- 1) малое видовое разнообразие;
- 2) короткие цепи питания;
- 3) неполный круговорот веществ;
- 4) антропогенная энергия, а не только энергия Солнца;
- 5) искусственный отбор;
- 6) отсутствие полной саморегуляции.

Городские экосистемы или урбоэкосистемы – гетеротрофные антропогенные экосистемы. В отличие от агроценозов, в них нет элементов саморегуляции.

Для урбоэкосистем характерны следующие особенности:

- 1) зависимость, то есть необходимость постоянного поступления ресурсов и энергии;

2) неравновесность, то есть невозможность достижения экологического равновесия;

3) аккумуляция твердого вещества за счет превышения его ввоза в город над вывозом (примерно 10:1).

Сегодня это ведет к увеличению массы строений и площади полигонов для хранения бытовых и промышленных отходов.

Ю. Одум назвал города «паразитами биосферы». В составе города можно выделить следующие территории: промышленные зоны; селитебные зоны; рекреационные зоны, и транспортные системы и сооружения. На каждого горожанина работает от 1 до 3 га агроценозов. Идеальным вариантом городских экосистем являются «экоцити» – небольшие, до 50-100 тыс. человек, хорошо озелененные города.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие понятий «экосистема» и «биогеоценоз»?
2. Охарактеризуйте понятие «экологическая ниша».
3. Какими бывают экологические пирамиды?
4. Охарактеризуйте пищевые цепи и сети.
5. Что такое сукцессия? Назовите типы сукцессий.
6. Назовите виды природных биомов.

Лабораторная работа 6. Загрязнение пищевых продуктов нитратами и их определение в различных овощных культурах в зависимости от вида, сорта, органа, ткани

Нитраты – неотъемлемая часть всех наземных и водных экосистем, поскольку процесс нитрификации, ведущий к образованию окисленных неорганических соединений азота, носит глобальный характер. В то же время, в связи с применением в больших масштабах азотных удобрений, поступление неорганических соединений азота в растения возрастает. Избыточное потребление азота удобрениями не только ведет к аккумуляции нитратов в растениях, но и способствует загрязнению водоемов и грунтовых вод остатками удобрений, в результате чего территория загрязнения сельхозпродукции нитратами расширяется. Однако накопление нитратов в растениях может происходить не только от переизбытка азотных удобрений, но и при недос-

татке других их видов (фосфорных, калийных и др.) путем частичной замены недостающих ионов нитрат-ионами при минеральном питании, а также при снижении у ряда растений активности фермента нитратредуктазы, превращающего нитраты в белки.

Ввиду этого наблюдается четкое различие видов и сортов растений по накоплению и содержанию нитратов. Существуют, например, виды овощных культур с большим и малым содержанием нитратов. Так, накопителями нитратов являются семейства тыквенных, капустных, сельдерейных. Наибольшее их количество содержится в листовых овощах: петрушке, укропе, сельдерее (табл. 9, рис. 8), наименьшее – в томатах, баклажанах, чесноке, зеленом горошке, винограде, яблоках и др. И между отдельными сортами существуют в этом отношении сильные различия. Так, сорта моркови «шантанэ», «пионер» отличаются низким содержанием нитратов, а «нантская», «лосиноостровская» – высоким. Зимние сорта капусты мало накапливают нитратов по сравнению с летними.

Наибольшее количество нитратов содержится в сосущих и проводящих органах растений – корнях, стеблях, черешках и жилках листьев. Так, у капусты наружные листья кочана содержат в 2 раза больше нитратов, чем внутренние. А в жилке листа и кочерыжке содержание нитратов в 2-3 раза больше, чем в листовой пластинке. У кабачков, огурцов и других плодов нитраты убывают от плодоножки к верхушке.

В результате употребления продуктов, содержащих повышенное количество нитратов, человек может заболеть метгемоглобинией. При этом заболевании ион NO_3 взаимодействует с гемоглобином крови, окисляя железо, входящее в гемоглобин, до трехвалентного, а образовавшийся в результате этого метгемоглобин не способен переносить кислород, и человек испытывает кислородную недостаточность: задыхается при физических нагрузках.

В желудочно-кишечном тракте избыточное количество нитратов под действием микрофлоры кишечника превращается в токсичные нитриты, а далее возможно превращение их в нитрозоамины – сильные канцерогенные яды, вызывающие опухоли. В связи с этим при употреблении в пищу растений-накопителей нитратов важно нитраты разбавлять и употреблять в малых дозах. Содержание нитратов можно уменьшить вымачиванием, кипячением продуктов (если отвар не

используется), удалением тех частей, которые содержат их большое количество.

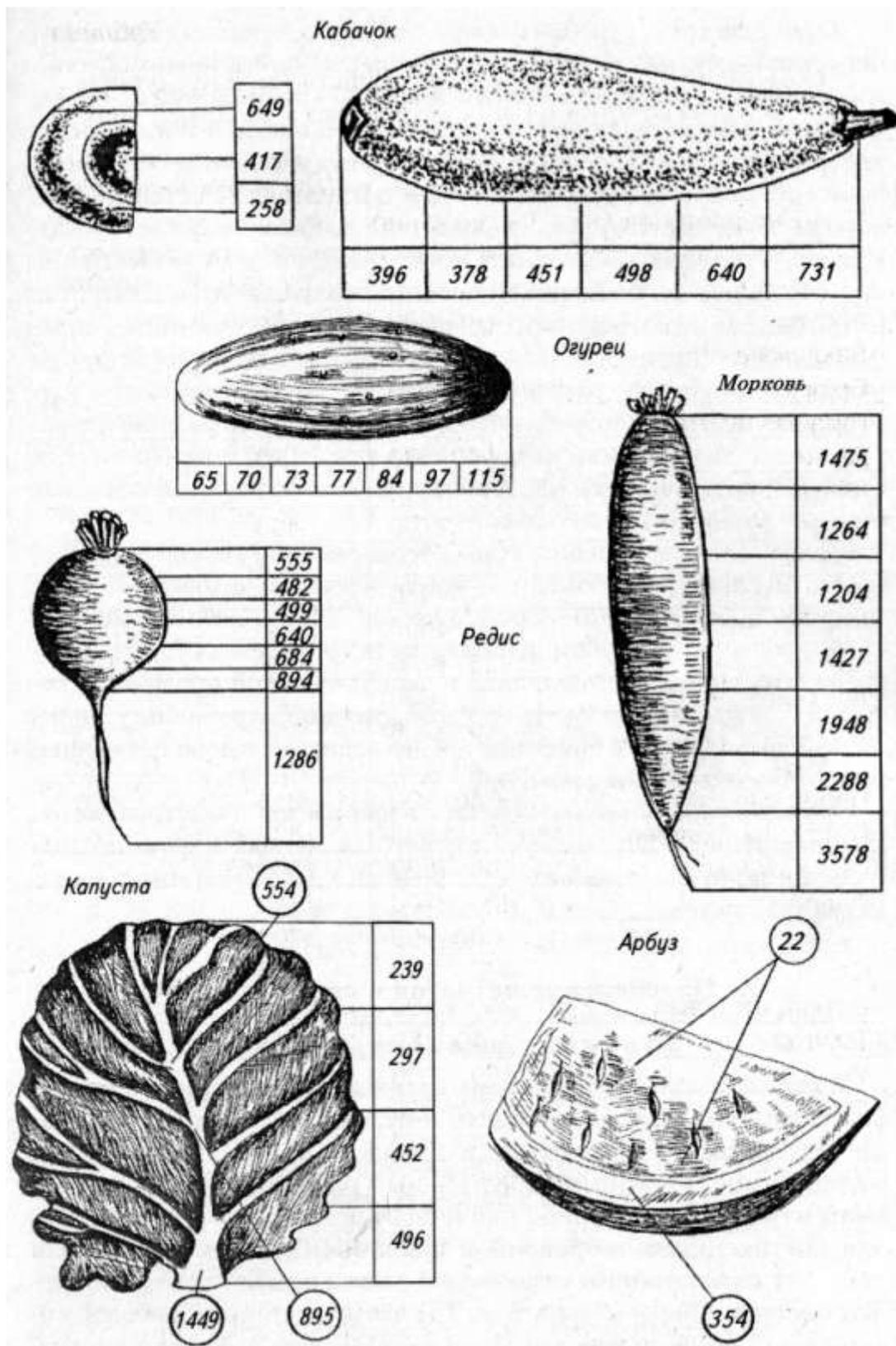


Рисунок 8 – Распределение нитратов в растениях (мг/кг сырой массы)

Таблица 9 – Содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции и их допустимые уровни (мг/кг сырой массы по нитрат-иону) (Методические указания по определению..., 1989)

Растение	Содержание нитратов	Допустимые уровни	
		для открытого грунта	для закрытого грунта
Арбуз	40-600	60	-
Баклажан	80-270	-	-
Брюква	400-550	400	-
Горошек зеленый	20-80	-	-
Дыни	40-500	90	-
Капуста белокочанная	600-3000	900	-
Капуста кольраби	160-2700	400	-
Кабачок	400-700	400	400
Картофель	40-980	250	
Кресс-салат	1300-4900	2000	3000
Лук зеленый	40-1400	600	800
Лук репчатый	60-900	80	-
Морковь	160-2200	400	-
Огурец	80-560	150	400
Перец сладкий	40-330	200	400
Петрушка (зелень)	1700-2500	1800	-
Редька черная	1500-1800	1300	-
Редис	400-2700	1500	-
Репа	600-900	700	-
Салат	400-2900	2000	3000
Свекла столовая	200-4500	1400	-
Томат	10-180	150	300
Укроп	400-2200	2000	3000
Фасоль	20-900	-	-
Чеснок	40-300	-	-
Шпинат	600-4000	1200	-
Щавель	240-400	-	-

Допустимые нормы нитратов (по данным ВОЗ) составляют 5 мг (по нитрат-иону) в сутки на 1 кг массы взрослого человека, то есть при массе 50-60 кг – это 220-300 мг, а при 60-70 кг – 300-350 мг.

В предлагаемой работе изложен метод определения нитратов у различных видов, сортов, тканей и частей овощной продукции, который основан на хорошо известной реакции нитрат-иона с дифенила-

мином. При этом описываются два варианта: с использованием выжатого сока и целых растений.

Цель работы: освоить метод определения нитратов в овощных культурах, сравнить содержание нитратов в различных культурах в зависимости от вида, сорта, органа, ткани

Оборудование, реактивы, материалы: ступки малые с пестиками; предметные стекла; марлевые салфетки; мелкие емкости – пузырьки из-под пенициллина с пробками; пипетки химические на 5 мл; пипетки медицинские; скальпели; 1%-й раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте; исходный раствор NaNO_3 для построения калибровочной кривой; дистиллированная вода; термостойкий химический стакан на 0,5-1 л для кипячения овощей; электроплитка; части различных овощей, содержащих наибольшее количество нитратов, с неокрашенным соком (капуста, огурцы, кабачки, картофель, дыня и др.).

Ход работы

За несколько дней до занятия студентам дается задание принести различные овощи, купленные в магазине или с собственного участка. Овощи следует вымыть и обсушить.

В один из пузырьков наливают 10 мл исходного раствора NaNO_3 , соответствующего по концентрации максимальному содержанию нитратов в овощах (см. табл. 10) – 3000 мг на кг. Следует отметить, что в отдельных органах растений встречаются и значительно большие концентрации.

Готовят серию калибровочных растворов путем разбавления пополам предыдущего (например, к 3 мл исходного раствора прибавляется 3 мл дистиллированной воды, взбалтывается и т.д.) Получают серию растворов с разным содержанием нитратов: 3000, 1500, 750, 375, 188, 94, 47, 23 мг/кг.

Под предметное стекло подкладывается лист белой бумаги, на стекло капают две капли изучаемого раствора и две такие же капли дифениламина в трехкратной повторности. Описывают реакцию согласно следующей градации, которую можно использовать как для калибровочных растворов, так и для двух типов анализов (приведено по: Церлинг, 1990).

Таблица 10 – Содержание нитратов в различных овощных культурах по Церлингу (1990)

Балл	Характер окраски	Содержание нитратов, мг/кг
6	Сок или срез окрашиваются быстро и интенсивно в иссиня-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает	>3000
5	Сок или срез окрашиваются в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	3000
4	Сок или срез окрашиваются в синий цвет. Окраска наступает не сразу	1000
3	Окраска светло-синяя, исчезает через 2-3 мин	500
2	Окраска быстро исчезает, окрашиваются главным образом проводящие пучки	250
1	Следы голубой, быстро исчезающей окраски	100
0	Нет ни голубой, ни синей окраски. На целых растениях возможно порозовение	0

Следует отметить, что основой для определения содержания нитратов в соке должны быть собственные исследования, а не вышеприведенная таблица, так как окраска может варьироваться в зависимости от качества реактивов, срока их годности, температуры в помещении и др.

Овощи и плоды расчленяют на части: зона, примыкающая к плодоножке, кожура, периферийная часть, срединная часть, кочерыжка (у капусты), жилки, лист без жилок. Вырезанные части мелко режут ножом и быстро растирают в ступке, сок отжимают через 2-3 слоя марли, 2 капли сока капают на чистое предметное стекло, положенное на белую бумагу, добавляют 2 капли дифениламина. Быстро описывают все наблюдаемые реакции согласно схеме. Повторность опыта – 3-кратная. В случае сомнений в содержании нитратов в той или иной части овощной продукции капают рядом калибровочный раствор с известной концентрацией вещества и повторяют реакцию с дифениламином.

Анализ начинают с сока капусты и картофеля, затем помещают эти овощи в термостойкий химический стакан с кипящей дистиллированной водой и кипятят 10-15 мин, после чего анализируют и отварные овощи, и отвар. За время варки делают анализ различных частей других овощей и плодов (не менее четырех видов за занятие). Записы-

вают в общую таблицу на доске и в частную – в тетради. Схема записи приведена ниже.

Содержание нитратов в различных овощах и плодах

Исследуемое растение	Часть	Балл	Содержание нитратов в мг/кг
Картофель свежий	а) под кожурой б) срединная часть		
Картофель отварной	те же части		
Капуста	а) жилки б) кочерыжка в) лист		
Капуста отварная	те же части		
Отвар			

Задание. Дайте оценку качества исследуемой продукции растениеводства. Какие продукты содержат мало нитратов, а какие много? Объясните (опишите) расположение нитратов внутри плодов. Дайте оценку возможности отравления нитратами при использовании выбранных продуктов питания.

Ответьте письменно на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Почему опасно накопление нитратов в продуктах растениеводства?
2. Почему возможно накопление нитратов в растениях?
3. Какие растения способны накапливать особенно высокие концентрации нитратов?
4. Какие сельскохозяйственные растения нитратов почти не накапливают, с чем это связано?
5. Перечислите способы снижения количества нитратов в овощах.

Тема 7. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА БИОСФЕРЫ

7.1. Общая характеристика биосферы, ее свойств и границ

В 1875 году австрийский геолог Э. Зюсс для обозначения оболочки Земли, образованной совокупностью живых организмов, предложил использовать термин «биосфера». Несколько позже известный русский ученый В.В. Докучаев сформулировал представление о влиянии живых существ на протекающие в природе процессы; он также показал зависимость процесса почвообразования от совокупного взаимодействия элементов неживой природы и живых существ. Основы учения о биосфере были изложены в книге «Биосфера» еще одним русским ученым академиком В.И. Вернадским в 1926 году; он же в 1944 году дал представление о переходе биосферы в такое ее состояние, когда развитие последней будет управляться разумом человека. Сам термин «сфера разума» – «ноосфера» – был предложен Э. Леруа (1927) и П. Тейяром де Шарденом (1930). Содержание термина «ноосфера» сегодня означает сферу разума как высшую стадию развития биосферы, когда разумная человеческая деятельность становится главным определяющим фактором ее развития. В.И. Вернадский считал, что на стадии ноосферы человек выступает как мощная геохимическая сила, преобразующая лик Земли. В то же время Вернадский видел противоречивость отдельных положений концепции о ноосфере (например, то, что касается наиболее острых проблем человечества и невозможности их решить не только в текущий момент, но и в недалеком будущем). Ю. Одум считал, что, несмотря на огромные возможности и способности человеческого разума к управлению природными процессами, тем не менее, еще рано говорить о ноосфере, так как человек не может предугадать все последствия своих действий. Ряд ученых, например, Куражковский (1992), полагают, что правильнее говорить о существовании начальных стадий развития ноосферы (протоноосферы). Сегодня считают, что для изучения ноосферной стадии эволюции биосферы надо применять математическое моделирование, которое поможет нам предугадать результаты последствий антропогенного воздействия на биосферу. В этой связи любопытен 2-летний проект американцев «Биосфера-2», осуществленный в Аризоне. На площади 200 тыс. м³ под прозрачным покрытием около 16 м² были размещены различные биомы: влажные тропические леса, саванна, пустыня, болото, океан,

агроценозы, люди (8 тыс. человек). Так, в системе влажного тропического леса было задействовано 300 видов; в саванне помимо акаций было размещено 35 видов злаковых и бобовых; была воспроизведена экосистема кораллового рифа с моллюсками и креветками. В комплекс были введены хищники, обезьяны, земноводные. В агроценозах имелись рисовые чеки и посадки зерновых. Этот эксперимент позволил смоделировать особенности биогеохимических циклов биофильных элементов (азота, фосфора, серы); изучить круговорот диоксида углерода (всего 4 дня). Но в то же время он выявил существенные нарушения «биосферного» равновесия в комплексе: кислорода с повышенное содержание CO_2 ; уменьшение 21 до 16%; гибель некоторых видов растений содержания и животных; недостаточную продуктивность в агроценозах. Подобный, но в меньших масштабах, эксперимент был осуществлен в Институте биофизики в СО РАН. В аппарате «Биос-3» (объемом 300 м^3) ученые выращивали сельскохозяйственный урожай, убирали и перерабатывали его. В результате экспериментов было установлено, что в целом система жизнеобеспечения, основанная на биологическом круговороте, возможна, но нуждается в дальнейших разработках. Такие малые искусственные ноосферные модели смогут послужить для разработки принципов природопользования (приведено по: Вронский В.А., 1996).

Основные признаки превращения биосферы в ноосферу

1. Возрастает количество механически извлекаемого материала земной коры. Геохимическая деятельность человека становится сравнимой по масштабам с биологическими и геологическими процессами. Резко возрастает в геологическом круговороте денудация.

2. Наблюдается массовое потребление продуктов фотосинтеза прошлых геологических эпох (нефти, газа, каменного угля).

3. Происходит рассеивание энергии, в отличие от ее накопления в биосфере до появления человека. Как следствие – энергетическое загрязнение биосферы.

4. Образуются в больших количествах вещества, ранее в биосфере отсутствующие (чистые металлы, пластмассы и др.). В результате наблюдаются химическое загрязнение биосферы, ее металлизация, загрязнение промышленными и бытовыми отходами.

5. Создаются трансурановые элементы (плутоний и др.). Возникает угроза загрязнения биосферы отходами ядерной энергетики.

6. Расширяются границы ноосферы за пределы Земли в связи с существованием космических кораблей и спутников.

7.2. Взгляды В.И. Вернадского на сущность биосферы и ноосферу

Биосфера – оболочка Земли, которая населена и активно преобразуется живыми организмами. Согласно В.И. Вернадскому состав, структура и свойства биосферы определяются не только настоящей, но и прошлой деятельностью живых организмов.

Границы биосферы проходят по нижней части атмосферы (до высоты озонового экрана 15-25 км), включают верхние слои литосферы (100 м – 2-6 км) и доходят в гидросфере до океанического дна (дна Марианской впадины, приблизительно до глубины 11 км). Границы биосферы достаточно условны.

Свойства биосферы проявляются через ее целостность и дискретность, централизованность, ритмичность, устойчивость и саморегуляцию, горизонтальную зональность и высотную поясность, круговороты вещества и высокое биоразнообразие.

Целостность выражается в взаимосвязи слагающих биосферу компонентов за счет круговоротов вещества и энергии; дискретность в том, что биосфера – это качественно новое образование, обладающее своими особенностями, и развивающееся как единое целое. Центральным звеном биосферы является живое вещество (экоцентризм), а не человек (антропоцентризм). Биосфера способна гасить, по принципу Ле-Шателье, возникающие возмущения (вулканическую активность, землетрясения, изменение климата, смену растительных зон). В биосфере существуют ритмы различной продолжительности (суточные, сезонные, годовые, многолетние – 11-, 22-, 90-летние). Биосфера – открытая система, она существует за счет притока энергии от Солнца. Горизонтальная зональность проявляется в смене географических поясов от экватора к полюсам, – она объясняется уменьшением количества солнечного тепла благодаря шарообразной форме планеты и неодинаковому углу падения солнечных лучей (на экваторе под прямым углом, у полюсов – по касательной). Природные зоны выделяют по господствующему типу растительности, которая распределяется внутри поясов в зависимости от соотношения тепла и влажности. Высотная поясность обусловлена изменением климата с высотой (на каждые 100 м температура падает на 0,6°С и увеличивается количество осадков до высоты 2-3 км). Биоразнообразие на Земле характеризуется более чем 2 млн видов (каждый из которых имеет общую продолжительность около 10-30 млн лет).

7.3. Типы вещества биосферы

Биосфера включает следующие типы вещества:

1. Живое вещество – образовано совокупностью живых организмов.
2. Биогенное вещество – создается и перерабатывается в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, каменный уголь, нефть, сланцы, известняки и т.д.).
3. Косное вещество – объекты, образующиеся в результате процессов, не связанных с деятельностью живых организмов (продукты тектонической деятельности – магматические и метаморфические породы, метеориты, некоторые осадочные породы).
4. Биокосное вещество – тела, представляющие собой результат совместной деятельности живых организмов и абиогенных процессов (почва, кора выветривания).
5. Радиоактивное вещество – атомы радиоактивных элементов, например, уран, торий, радий, радон, углерод ^{14}C , и др.
6. Атомы веществ рассеянных в природе – отдельные атомы элементов, встречающиеся в природе в рассеянном состоянии: молибден, кобальт, цинк, медь, золото и др.
7. Вещество космического происхождения – вещество, поступающее на Землю из космоса (метеориты, космическая пыль).

7.4. Функции живого вещества

Живое вещество планеты обладает уникальными свойствами. Нет ни одного элемента из таблицы Менделеева, который бы отсутствовал в живых системах. Эволюция видов в природе идет в направлении, усиливающем биогенную миграцию химических элементов. Живые организмы все шире распространяются по планете, стимулируя перераспределение энергии и вещества.

Функции живого вещества по А.В. Лапо (1987)

1. Энергетическая (состоит в том, что благодаря фотосинтезу возможно создание органического вещества и последующая передача энергии в виде органического вещества по пищевым сетям в экосистеме).
2. Деструктивная (состоит в разложении и минерализации мертвого органического вещества редуцентами-деструкторами; в химическом разложении горных пород и минералов, и в последующем вовлечении образовавшихся элементов в биотический круговорот).

3. Концентрационная (заключается в избирательном накоплении при жизнедеятельности организмов атомов веществ, рассеянных в природе. Активной способностью концентрировать элементы из разбавленных растворов отличаются микроорганизмы).

4. Средообразующая (основана на создании одними организмами среды обитания для других, заключается в трансформации физико-химических параметров среды в условия благоприятные для жизни).

5. Газовая (способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом).

6. Окислительно-восстановительная (состоит в окислении и восстановлении различных веществ с помощью живых организмов, например, образуются сероводород, лимониты, минеральная сера и т.д.).

7. Транспортная – перенос вещества и энергии в результате активной формы движения организмов.

8. Рассеивающая – рассеивание вещества в окружающей среде, проявляется через трофическую и транспортную функции организмов.

9. Информационная – накопление живыми организмами информации, закодированной в наследственных структурах: ДНК и РНК, и передача последующим поколениям.

10. Биогеохимическая деятельность человека – превращение, добыча и перемещение вещества на расстояния от мест их производства или добычи.

7.5. Гипотезы происхождения биосферы

Все разнообразие живых организмов сегодня заключено в термин «биоразнообразие». Чаще понятие «биоразнообразие» в науке и естественно-научном образовании используют при характеристике множества видов животных, растений, грибов и микроорганизмов, сосуществующих ныне на Земле и населяющих все среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную. Согласно представлениям зарубежных и российских ученых-биологов, биоразнообразие живых существ – результат очень длительного процесса эволюции. Ключом к его пониманию служат данные палеонтологической летописи. Они свидетельствуют о том, что в течение всей истории Земли на ней появлялись, переживали время своего расцвета и вымирали многие виды живых существ.

Если учесть, что возраст планеты составляет примерно 4,5 млрд лет, а продолжительность существования биосферы насчитывает 3,85 млрд, то становится понятным утверждение палеонтологов, считающих, что количество видов живых организмов, ныне населяющих Землю, составляет только тысячную долю от общего числа видов, обитавших на планете за весь прошедший период со времени возникновения жизни. Но и сегодня грандиозны масштабы биоразнообразия живых существ. Они составляют несколько миллионов видов организмов, входящих в состав четырех царств: царства Бактерий (*Bacteria, Bacteriobionta*); царства Растений (*Plantae, Phitobiota, Vegetabilia*); царства Животных (*Animalia, Zoobionta*) и царства Грибов (*Fungi, Micobionta, Mycota*). В ряде учебников зарубежных авторов, например, в книге «Введение в биологию» Памелы Кемп и Карена Армса (1988), выделяются пять царств: Бактерий или Монер; Протистов; Растений; Животных и Грибов. Некоторые авторы, в частности, Б.М. Медников (1994) считают возможным объединять в отдельное царство (*Vira*) все виды вирусов; другие, например, С.И. Колесников (2004) приводят 2 классификации царств, в одной из которых фигурирует царство Архебактерии и царство Прокариотические водоросли, а во второй – царство Дробянки, которое включает в себя три подцарства: Бактерии, Архебактерии и Цианобактерии. Отечественные и зарубежные биологи полагают, что сегодня на планете обитает свыше 1 млн видов животных; около 0,5 млн видов растений; более 70 тыс. видов грибов и лишайников и около 12 млн видов бактерий и цианобактерий (Медников, 1994; и др.). Общеизвестно, что видовое разнообразие – важнейший показатель состояния биосферы и составляющих ее экосистем. Поэтому в настоящее время биологи и экологи во всех странах мира путем регулярного проведения инвентаризации видового разнообразия флоры и фауны пытаются осуществлять контроль и принимать действенные меры по сохранению биоразнообразия растительного и животного мира отдельных территорий, регионов, стран, континентов и всей планеты в целом.

Как возникло биоразнообразие? Этот вопрос возникает из проблемы происхождения жизни на Земле. В.И. Вернадский был сторонником *гипотезы стационарного состояния*, которая заключалась в положении о том, что жизнь существовала всегда и будет существовать вечно. Кроме этой гипотезы на сегодняшний день существуют следующие:

1. Креационизм – жизнь создана богом.

2. Панспермия – жизнь на нашу планету занесена из космоса, например, на метеоритах.

3. Самозарождение – новые виды возникают благодаря перерождению старых, в том числе и из неживой материи – единственная гипотеза, опровергнутая, начиная с опытов Ф. Реди и заканчивая разработками Л. Пастера.

4. Абиогенный синтез – возможность зарождения живого из неживого в бескислородной атмосфере Земли с последующей биохимической эволюцией. В 1953 году С. Миллер (США) в лаборатории получил аминокислоты при нагревании морской воды в запаянной колбе. Причем в процессе кипячения пары воды пропускались в стеклянную трубку, сначала подвергавшуюся воздействию электрических разрядов, имитирующих молнии, а затем охлаждавшейся за счет вмонтированного холодильника. Сегодня опыт Стенли Миллера можно повторить, что доказывает возможность подобного процесса. Однако как далее из отдельных аминокислот появилась клетка и пусть самые примитивные, но организмы? На этот вопрос пытались дать ответ ученые разных стран на протяжении всего XX века.

В 1924 году А.И. Опарин предположил возможность образования в первичном океаническом бульоне коацерватов – белково-липидных капель; Э. Геккель (1909) говорил о «голобиозе» – первичном единовременном возникновении клеток; А. Минчин (1915) предполагал первичность хроматина в теории «генобиоза»; П. Деккер (1970) ввел термин «биоид», под которым понимал структуру, способную к эволюции, подверженную мутациям и приобретающую все новые биты информации; М. Эйген (80-е годы XX века) считал возможным существование «спаренных циклов» или «гиперциклов» – комплекса нуклеиновых кислот и белка, который позже В.А. Ратнером (1986) был назван молекулярно-генетической системой управления (МГСУ).

К свойствам живого вещества биосферы можно отнести следующие (по Воронкову Н.А., 1997):

1. Способность быстро занимать все свободное пространство («всюдность жизни»).

2. Движение не только пассивное, но и активное (например, против ветра, против силы тяжести).

3. Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти (образовавшаяся органика и неорганическое вещество включаются в круговороты).

4. Адаптации (высокая приспособляемость к среде обитания за счет морфологических, физиологических и этологических изменений, выработавшихся у организмов в процессе эволюции). Адаптации могут осуществляться активным путем – за счет усиления сопротивляемости и развития регуляторных процессов, позволяющих осуществлять все жизненные функции, несмотря на отклонение фактора от оптимума; пассивным путем – через подчинение жизненных функций организма изменению факторов среды, например впадение в анабиоз; и через избегание неблагоприятных воздействий, например, используя сезонные миграции.

5. Высокая скорость протекания реакций.

6. Высокая скорость обновления живого вещества (составляет в среднем для всей биосферы 8 лет).

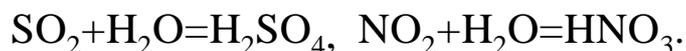
7.6. Воздействие человека на природу и важнейшие экологические проблемы современности

Антропогенные воздействия привели к частичной деградации многих наземных экосистем, особенно в умеренных широтах Северного полушария.

Деградация ландшафта – результат необратимых изменений, полностью разрушающих его структуру, причем выражается это в потере ландшафтом способности выполнять ресурсо- и средовоспроизводящие функции. В современных условиях деградация ландшафтов чаще происходит в результате неконтролируемой деятельности человека. Деградация ландшафта включает деградацию биоты и биотопа. Так, деградация и уничтожение влажных тропических лесов влечет многие неблагоприятные последствия: снижение биологической продуктивности в целом, уменьшение генофонда растений и животных, нарушения глобальных биогеохимических циклов.

Кислотные дожди – любые осадки – дожди, туманы, снег, – кислотность которых выше нормальной. К ним также относят выпадение из атмосферы сухих кислых частиц, называемых также кислотными отложениями. На обширных территориях Европы и США выпадают осадки, кислотность которых превышает нормальную в 10-1000 раз. Кислотные свойства (кислый вкус и разъедание металлов) обусловлены присутствием активных ионов H^+ , то есть атомов водорода присутствием чрезвычайно без электронной оболочки.

Кислотой считается любое химическое вещество, высвобождающее при растворении в воде ионы водорода. Чем больше концентрация водородных ионов в растворе, тем выше его кислотность. Реальная кислотность ионов водорода выражается в единицах водородного показателя, или рН. Шкала рН строится от 0 (крайне высокая кислотность), через точку 7 (нейтральная среда), до 14 (крайне высокая основность). В точке рН=7 концентрация ионов водорода составляет 10^{-7} (0,0000001) г/л. Значение рН измеряют с помощью рН-метра или индикаторной бумаги. Бумага содержит пигменты, легко отдающие или присоединяющие ионы водорода в зависимости от рН среды и меняющие при этом цвет. Полоску индикаторной бумаги опускают в раствор и сверяют ее цвет с прилагаемым эталоном. У нормального дождя рН=5,6, то есть он слабокислотный, так как, растворяясь в воде, углекислый газ образует слабую кислоту. Кислотными называют осадки с рН 5,5 и ниже. Химический анализ кислотных осадков показывает присутствие серной (H_2SO_4) и азотной (HNO_3) кислот. Обычно кислотность на две трети обусловлена первой из них и на одну треть – второй. Известно, что диоксид серы и оксиды азота образуются при сжигании топлива. При соединении с парами воды эти соединения образуют кислоты:



Вымывая из атмосферы эти кислоты, осадки становятся кислотными. Сильные дожди обычно менее кислотные, так как воды в них больше. Сегодня кислотные осадки связаны прежде всего с работой угольных электростанций, транспорта и промышленных предприятий. Влияние кислотных осадков на экосистемы было отмечено только около 50 лет тому назад. Впервые это было сделано для озер Швеции и Канады (провинция Онтарио), где рыбаки заметили резкое сокращение популяций рыбы. Шведские ученые первыми отметили, что все дело в повышении кислотности воды и связали ее с ненормально низкими значениями рН осадков. Значение рН среды чрезвычайно важно, так как от него зависит деятельность ферментов, гормонов, и ряда других соединений, регулирующих метаболизм, рост и развитие организма. На крупные виды небольшие изменения значения рН среды могут не оказывать сильного влияния, так как кожа имеет барьерную функцию и метаболизм, поддерживающий внутренний рН на должном уровне. Однако икра

и молодь водных обитателей недостаточно защищены. При изменении рН всего лишь на одну единицу они погибают. Обычно рН пресных водоемов составляет 6-7 единиц. В период таяния снегов кислотность в водоемах резко увеличивается, поскольку накопившиеся за зиму кислотные осадки устремляются в реки. Кислотные осадки могут просачиваться сквозь почву и выщелачивать алюминий и тяжелые металлы. Обычно присутствие этих элементов в почве не создает проблем, так как они связаны в нерастворимые соединения и, следовательно, не поглощаются организмами. Однако при низких значениях рН их соединения растворяются, становятся доступными и оказывают сильное токсичное воздействие, как на растения, так и на животных. Например, алюминий, попадая в озера, вызывает аномалии развития и гибель эмбрионов рыб, далее гибнут личинки насекомых, исчезают птицы, ими питающиеся, и даже пропадают береговые млекопитающие животные, добывающие корм из воды. Кислотные осадки являются причиной гибели растительных сообществ. Кислоты, попадая на лист, вызывают нарушения воскового налета и последующее повреждение эпидермиса, что способствует более быстрому повреждению листовой вредителями, грибами и патогенами. Через поврежденные листья испаряется больше влаги в период засух. При подкислении среды могут мобилизоваться кроме алюминия ртуть и свинец, которые, действуя как синергисты, еще быстрее вызывают гибель деревьев. Ученые считают, что можно сократить количество кислых осадков. Если это будет сделано хотя бы на 50%, то можно будет остановить дальнейшее подкисление окружающей среды. Что можно сделать? Ответ: заменить топливо на низкосернистый уголь; перевести электростанции с угля на другие виды топлива; ставить скрубберы – жидкие фильтры; заниматься энергосбережением.

Озоновые дыры – истончение слоя озона и его неспособность задерживать ультрафиолетовое излучение. Ультрафиолетовые лучи, проникая через атмосферу, поглощаются тканями живых организмов, при этом могут разрушаться молекулы белка и ДНК. Если бы все ультрафиолетовое излучение достигало поверхности земли, то вряд ли бы на ней до сих пор существовала жизнь. Большая часть ультрафиолетового излучения (до 99%) поглощается слоем озона в стратосфере на высоте около 25 км от поверхности земли. Этот слой и называют озоновым экраном. По своей сути экран – тонкая, опоясывающая землю пленка до 4 см толщиной. К сожалению, некоторые антропогенные загрязнения разрушают озон (O_3). Озон

есть и в нижних и в верхних слоях атмосферы. Но слои не перемешиваются, и поэтому озон действует как загрязнитель в нижних слоях атмосферы и как существенный компонент стратосферы. Озон в стратосфере и его количество определенным образом зависит от солнечной активности – ведь озон образуется под действием коротковолновой радиации Солнца.

Ученые выяснили, что свободные атомы хлора катализируют процесс разложения озона. Большая часть хлора, используемого на Земле, например, для очистки воды, представлена водорастворимыми соединениями. Следовательно, они могут вымываться из атмосферы осадками. ХФУ (хлорфторуглероды), в которых некоторые атомы водорода замещены хлором и фтором летучи и не растворимы в воде. Они могут достичь стратосферы. Там они разлагаются, высвобождая атомарный хлор, который разрушает озон. Таким образом, ХФУ наносят ущерб, выступая в роли переносчиков атомов хлора в стратосферу. ХФУ используются в аэрозольных баллончиках, холодильниках, кондиционерах, тепловых насосах как хладагенты. Их применяют при производстве пластмасс и в электронной промышленности для очистки компьютерных микросхем. ХФУ попадают в атмосферу. Первые «дыры» были обнаружены в озоновом экране над Южным полюсом. На огромной территории содержание озона сократилось на 50%. Частицы облаков, формирующиеся при очень низких температурах зимой, стимулировали высвобождение атомов хлора из ХФУ. Весной экран начал разрушаться активным хлором. В 1989 году подобные процессы были зафиксированы в Арктике. Было также установлено, что «дыры» могут смещаться. В 1985 году в Вене была подписана Конвенция о защите озонового слоя, которая к 1992 году ратифицирована 82 государствами. В 1986 году в рамках Программы по окружающей среде, в Монреале удалось подписать соглашение о сокращении производства ХФУ на 50%. В дальнейшем планируется найти замену ХФУ и полностью отказаться от их производства.

Парниковый эффект – резкое потепление климата, вызванное увеличением содержания в атмосфере углекислого газа. Световая энергия проникает сквозь атмосферу, поглощается поверхностью Земли, преобразуется в ее тепловую энергию и выделяется в виде инфракрасного излучения. Однако углекислый газ, в отличие от других природных компонентов атмосферы, его поглощает. При этом он нагревается и в свою очередь нагревает атмосферу в целом. Значит, чем больше в ней углекислого газа, тем больше инфракрас-

ных лучей будет поглощено, тем теплее она станет. Температура и климат, к которому мы привыкли, обеспечиваются концентрацией углекислого газа в атмосфере на уровне 0,03%. Теперь мы увеличиваем эту концентрацию, и намечается тенденция к потеплению климата. Климат менялся и раньше. Но тогда изменения были постепенными. Сейчас же потепление происходит очень быстро, что приведет неминуемо к повышению уровня моря на 1,5 м, подтаиванию горных ледников и вечной мерзлоты и освобождению при этом метана, к сокращению биоразнообразия вследствие сокращения суши и возможно к переселению народов. Изменится картина циркуляции атмосферы. В каких-то районах количество осадков увеличится, а где-то еще более сократится. Источниками углекислого газа является сжигаемое топливо. Каждый год сжигается около 2 млрд т ископаемого топлива, значит, в атмосферу попадает почти 5,5 млрд т углекислого газа. Еще 1,7 млрд т попадает туда же за счет вырубки тропических лесов и окисления гумуса. Усугубляют проблему другие газы, выбрасываемые человеком: метан, хлорфторуглероды, оксиды азота, поглощающие инфракрасное излучение в 50-100 раз сильнее, чем углекислый газ. Следовательно, хотя их содержание в воздухе значительно ниже, они влияют на температурный режим планеты почти так же. Если допустить существующие тенденции, то к 2050 году концентрация углекислого газа в атмосфере удвоится, что повлечет за собой потепление на 4-5°C. Что же можно сделать, чтобы предотвратить парниковый эффект? Следует увеличить КПД использования горючего на транспорте; разработать и внедрить бестопливные источники энергии; прекратить рубить леса, особенно тропические; садить деревья и поддерживать биоразнообразие на планете (приведено по: Небел Б., 1993).

Радиоактивное загрязнение среды. Так исторически сложилось, что в общественном сознании сформировалось неадекватное восприятие техногенных рисков различной природы. В настоящее время существует устойчивый стереотип, согласно которому, основными источниками поступления естественных радионуклидов (ЕРН) на поверхность Земли считаются урановые рудники и атомный энергетический комплекс с его ядерными реакторами.

Однако более детальное знакомство с проблемой свидетельствует о том, что атомная энергетика в современном мире дает всего лишь не более 0,1% от всей дозы облучения людей на Земле. На порядок больше вклад в радиоактивное облучение приносят выбросы ТЭС и ТЭЦ, работающих на органическом топливе – угле, сланце, нефти,

которые, наряду с другими энергетическими предприятиями, работающими на этом же топливе, являются самым мощным источником поступления радионуклидов (РН), и в частности радона, в атмосферу. Так, по данным многочисленных исследований, выбросы газообразных радиоактивных изотопов ^{220}Rn и ^{222}Rn , не улавливаемых действующими системами очистки ТЭС, составляют в среднем за год около $6 \cdot 10^{10}$ Бк/ГВт. К этому следует добавить, что согласно проведенной оценке количество извлекаемых при добыче угля ЕРН в Российской Федерации превышает количество извлекаемых ЕРН при эксплуатации урановых месторождений. При сжигании угля, даже у современных ТЭС, работающих на угле с содержанием золы не более 10% и оборудованных фильтрующей системой, позволяющей задерживать 97,5% золы, РН практически полностью попадают во внешнюю среду. В результате удельная активность выбросов ТЭС в 5-10 раз выше, чем для АЭС.

В этом контексте исключительное значение в характере и особенностях реакции общества, средств массовой информации (СМИ) и тем более пострадавшего населения приобретают радиационные аварии на атомных объектах и особенно те из них, которые сопровождаются выбросами и сбросами радиоактивных материалов в окружающую среду. Подобного рода аварии, если они квалифицируются как крупномасштабные, приводят к радиоактивному загрязнению больших территорий и, следовательно, вовлечению в орбиту их влияния значительных контингентов населения. Реакции на такого рода аварии и, особенно на их радиологические последствия со стороны общества, политиков, СМИ и пострадавшего населения продолжаются в течение десятилетий. Так, например, катастрофа на Чернобыльской АЭС без преувеличения всколыхнула все человечество, и память об этой трагедии, вне всякого сомнения, будет жить в сознании не одного поколения людей.

В то же время происходят крупномасштабные аварии в других отраслях промышленности, не связанных напрямую с ионизирующими излучениями, которые сопровождаются огромными безвозвратными и санитарными потерями: гибелью сотен и тысяч людей, массами пострадавших от увечий, отравлений и других причин, а также экологическими катастрофами (например, авария на химическом предприятии в Бхопале, взрыв продуктопровода в Башкирии, прорыв дамбы на золотодобывающей фабрике в Румынии, авария на Саяно-Шушенской ГЭС). Последствия этих аварий через достаточно непродолжительное время перестают быть предметом обостренного вни-

мания СМИ и международной общественности, несмотря на трагические медико-биологические последствия этих катастроф.

Безусловно, наибольший ущерб окружающей среде в плане радиоактивного загрязнения наносят аварии на объектах ядерного комплекса и ядерные взрывы в атмосфере. Что касается аварий, то, по видимому, вследствие более внимательного отношения к ядерной отрасли, как общественности, так и специалистов, их число относительно невелико.

Из официальных источников известно, что за все время использования атомной энергетики в мире официально зафиксировано около 150 аварийных случаев выбросов радионуклидов в биосферу, но только 11 значительных аварий, из которых 4 связаны с работой АЭС. При этом основная часть из них была обусловлена не столь самой атомной энергетикой, сколько человеческим фактором, а на первых порах – не полным пониманием процессов, происходящих в ходе ядерных превращений.

Так, после аварии на Чернобыльской АЭС на площади 50 000 км² вокруг места взрыва выпали радиоактивные осадки (состоящие в основном из йода, цезия, стронция и плутония) активностью $31 \cdot 10^6$ Ки, что составляет всего 3/5% от суммарного выделения радиоактивных продуктов. Основная же часть радиоактивных веществ была унесена радиоактивным облаком на большие расстояния, что обусловило глобальное повышение радиационного фона в атмосфере планеты.

В случае поступления радиоактивных изотопов в окружающую среду со скоростью, превышающей их распад, они постепенно накапливаются в почве, морских и континентальных осадках, воде и воздухе, а затем и в живых организмах. Отношение содержания радиоактивного изотопа в организме к содержанию его в окружающей среде называют коэффициентом накопления (К).

Радиоактивные изотопы в химическом отношении ведут себя аналогично стабильным, поэтому накопление их в организмах связано с химическими, а не физическими причинами. Коэффициент накопления может достигать огромных величин. Например, при концентрации фосфора в воде 0,00003 мг/г, количество его в желтке уток, обитающих в данном бассейне, может достигать 6 мг/г ($K = 200\ 000$). Концентрация радиоактивного йода в щитовидной железе зайца может быть в 500 раз выше, чем в растениях, которыми он питается.

Несмотря на то, что процесс приготовления пищи частично защищает человека от загрязнителей, длительное питание продуктами,

загрязненными радионуклидами, приводит к накоплению последних в организме. Радиоактивное загрязнение биосферы вызывает множество заболеваний у человека и в первую очередь лейкемию, возникающую из-за ^{90}Sr , который, отлагаясь в костях, нарушает процесс образования эритроцитов.

7.7. Некоторые проблемы региональной экологии (на примере Красноярского края)

По уровню воздействия на компоненты природной среды Красноярский край занимает одно из лидирующих мест, как в Сибирском федеральном округе, так и в Российской Федерации.

По общей массе выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников Красноярский край занимает первое место среди остальных субъектов Российской Федерации, а по удельной массе (средней массе выбросов в расчете на один источник) значительно опережает все прочие регионы. Пять крупнейших промышленных предприятий края выбрасывает в атмосферный воздух почти 90% от выбросов всех стационарных источников края. Города – промышленные центры края (Красноярск, Норильск, Ачинск, Лесосибирск, Минусинск) входят в приоритетный список городов Российской Федерации с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. По данным Федеральной службы Росприроднадзора, выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта в крае в 2013 году составили 313,0 тыс. т (в 2012 году – 296,8 тыс. т).

По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, в Канске уровень загрязнения атмосферного воздуха в 2013 году характеризуется как «низкий» (в 2012 году – «повышенный»), в Назарово – стабильно «высокий», в Ачинске – «высокий» (в 2011 и 2012 годы – «очень высокий»), в Красноярске, Лесосибирске и Минусинске – стабильно «очень высокий». Приоритетными загрязняющими веществами в атмосфере городов являются бенз(а)пирен, формальдегид, диоксид азота, фенол, взвешенные вещества (Государственный доклад ..., 2014).

В Красноярске и пригородной зоне основные предприятия, сточные воды которых загрязнены солями тяжелых металлов (меди, свинца, кадмия, цинка), – это ОАО «РУСАЛ», КЗЦМ. Основные предприятия-загрязнители атмосферного воздуха в электроэнерге-

тике: ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 Красноярска, ОАО «Красноярская ГРЭС-2». Как и следовало ожидать, основным загрязнителем по свинцу в Красноярске является автомобильный транспорт.

В Назарово и Шарыпово отмечается высокая запыленность атмосферного воздуха, в 2 раза превышающая средние показатели по России. В районе Назарово, расположенном вблизи от ГРЭС, отмечается максимальная концентрация двуокиси азота (21 ПДК). Здесь же регистрируется наибольшее загрязнение атмосферного воздуха фенолом, формальдегидом, а также 3,4-бенз(а)пиреном.

Необходимо подчеркнуть, что даже минимальные природоохранные мероприятия на большинстве промышленных предприятий проводятся не в полном объеме и не в установленные сроки. С 1990-х годов общий объем выбросов снизился существенно, что явилось результатом не столько природоохранной деятельности промышленных предприятий, сколько следствием свертывания объемов промышленного производства на них. График вывода наиболее вредных производств за пределы городов и населенных пунктов края не выполняется. Поэтому, несмотря на достаточно высокий потенциал самоочищения атмосферы, уровень загрязнения атмосферного воздуха городов края не имеет четко выраженной тенденции к снижению.

Химическое загрязнение атмосферного воздуха населенных мест может быть одной из причин развития у человека заболеваний различных классов. На протяжении 2009-2013 годов уровень заболеваемости населения Красноярского края в целом впервые выявленными болезнями, обусловленными воздействием факторов окружающей среды, характеризуется тенденцией роста по классу болезней эндокринной системы (среднегодовой темп 3,8%), злокачественным новообразованиям (среднегодовой темп 1,5%).

Ранжирование территорий Красноярского края по уровню впервые выявленной заболеваемости населения, обусловленной воздействием факторов окружающей среды, показало, что уровень заболеваемости достоверно выше среднего краевого показателя в 15 территориях края – по новообразованиям; в 24 – по болезням крови, кроветворных органов; в 19 – по болезням эндокринной системы; в 16 – по болезням нервной системы; в 27 – по болезням системы кровообращения; в 23 территориях – по болезням органов дыхания.

Среди территорий Красноярского края наиболее высокие показатели заболеваемости регистрируются в территориях с высокой техногенной нагрузкой. Население промышленно развитых территорий Красноярского края в Ачинске, Красноярске, Канске, Лесосибирске, Минусинске, Назарово, Норильске в большей степени, чем население других территорий подвержено воздействию загрязняющих атмосферный воздух химических соединений. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в этих городах приоритетными химическими веществами, выраженный индексом загрязнения атмосферы и оцениваемый по влиянию на здоровье населения расчетом коэффициента корреляции в разные годы, свидетельствует о наличии корреляционной зависимости различной степени и силы.

В Норильске чаще, чем в других городах, регистрируются болезни органов дыхания – (448,5%); в Лесосибирске – болезни крови и кроветворных органов (10,5%), болезни системы кровообращения (89,3%; в Красноярске – болезни эндокринной системы (14,7%); в Ачинске и Минусинске – болезни нервной системы (26,6%).

Заболеваемость населения злокачественными новообразованиями превышает среднемноголетний показатель по Красноярскому краю (318,4 случаев на 100 тыс. населения) во всех промышленных городах края, за исключением Норильска. Выше, чем в других городах, регистрируется заболеваемость злокачественными новообразованиями в Минусинске и Минусинском районе, составляя 369,1 случаев на 100 тыс. совокупного населения.

При условии сохранения сложившегося уровня загрязнения атмосферного воздуха канцерогенами на протяжении предстоящих 70 лет шанс заболеть раком у жителей Ачинска, Красноярска, Лесосибирска, Минусинска, Норильска превышает верхнюю границу приемлемого риска для условий населенных мест ($1,0E-04$). Преимущественный вклад в величину канцерогенного риска в Лесосибирске, Красноярске, Ачинске, Минусинске вносит химический канцероген – формальдегид. В Норильске из числа контролируемых приоритетных химических веществ значимый вклад в величину канцерогенного риска приносят соединения никеля.

В условиях суммарного действия загрязняющих химических веществ у жителей крупных городов края высока вероятность развития заболеваний органов дыхательной и иммунной систем, нарушений процессов развития организма, системных воздействий и др.

Следует отметить, что сравнительный (2013/2012 гг.) анализ количественных и качественных значений риска здоровью населе-

ния свидетельствует о том, что величина индивидуального канцерогенного риска в городах незначительно снизилась, за исключением Лесосибирска и Минусинска. Неканцерогенный риск поражения критических органов и систем в связи с загрязнением атмосферного воздуха вырос в Лесосибирске и Норильске, по отдельным из них – в Минусинске и Назарово.

Таким образом, состояние атмосферного воздуха населенных мест Красноярского края в крупных промышленных центрах характеризуется превышением допустимых уровней по отдельным загрязняющим веществам и, как следствие, неприемлемыми рисками здоровью населения и выступает в качестве одного из ведущих факторов среды обитания, неблагоприятно влияющим на условия жизни и здоровье населения.

Результаты исследований воды поверхностных и подземных водоисточников, используемых населением Красноярского края для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения за период 2011-2013 годов, свидетельствуют о несоответствии санитарно-химическим и микробиологическим показателям безопасности 23,5-32,1% и 2,8-7,7% проб воды соответственно. В 2013 году удельный вес проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, стал выше и составил 26,2% (в 2012 году – 23,5%) при снижении доли нестандартных проб воды по микробиологическим показателям – до 2,8% (в 2012 году – 7,0%).

Исследования воды подземных источников водоснабжения свидетельствуют о ее неудовлетворительном качестве на протяжении 2007-2013 годов. По-прежнему ведущим остается химическое загрязнение воды при сравнительно невысоком уровне микробного загрязнения.

Неблагополучие подземных водоисточников по санитарно-химическим показателям обуславливается повышенным природным содержанием в воде железа, солей жесткости, фторидов, марганца, размещением подземных водоисточников в зоне влияния загрязняющих территорию зоны санитарной охраны источника питьевого водоснабжения в процессе хозяйственной деятельности объектов, а также техногенным воздействием предприятий и учреждений на подземные водоемы, используемые в качестве источников питьевого водоснабжения. Присутствие нитратов характерно для сельских районов Красноярского края, специализирующихся на сельскохозяйственной деятельности.

Качество воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения зависит от природного содержания веществ в источниках водоснабжения (поверхностных, подземных), интенсивности антропогенного воздействия, использования в процессе водоподготовки хлорирования с целью обеспечения качества воды поверхностных водоисточников.

Результаты исследований проб воды, подаваемой населению централизованными системами водоснабжения, показали, что в 14 территориях Красноярского края питьевая вода характеризуется показателями жесткости ≥ 10 мг-экв/л при гигиеническом нормативе 7 мг-экв/л. Доля проб воды с показателем жесткости ≥ 10 мг-экв/л от общего числа исследованных по данному показателю составила в Березовском районе 83,3%, в Ужурском районе – 33,3%, в Минусинском районе – 25,0%, в Саянском районе – 20,0%, в Шушенском районе – 19,0%. Удельный вес населения, потребляющего питьевую воду с жесткостью ≥ 10 мг-экв/л при невысоком показателе доли таких проб, составил в Боготольском районе 12,2%, в Ермаковском районе – 5,3%.

В условиях интенсивного развития промышленности при намечающемся дефиците воды одно только строительство очистных сооружений общего назначения не гарантирует желаемого эффекта. Растворенные в воде вещества, включая продукты разложения органики, проходят очистные сооружения без изменения. А соединения азота, фосфора, соли тяжелых металлов и радиоактивные вещества также проходят через биологическую очистку с небольшими потерями.

Попадая из атмосферы на поверхность земли, они могут привести к техногенному загрязнению почв сельскохозяйственных угодий и растениеводческой продукции на территории, прилегающей к городу.

Анализ данных государственного мониторинга земель и других систем наблюдений за состоянием окружающей природной среды показывает, что качество земель фактически во всех районах края интенсивно ухудшается. Почвенный покров, особенно пашни и других сельскохозяйственных угодий, продолжает подвергаться деградации, загрязнению, захламлению и уничтожению, катастрофически теряет устойчивость к разрушению, способность к воспроизводству плодородия вследствие истощительного и потребительского использования земель.

Результаты лабораторных исследований, проведенных Госсанэпиднадзора за период 2009–2013 годов, свидетельствуют о стабильно высоком химическом загрязнении почвы в районах размещения промышленных объектов и транспортных развязок, автомобильных дорог.

По результатам санитарно-химических исследований проб почвы превышение гигиенических нормативов зафиксировано:

– по бенз(а)пирену: в 11 территориях (в Лесосибирске, Дивногорске, Красноярске, Балахтинском, Емельяновском, Енисейском, Ирбейском, Казачинском, Пировском, Ужурском, Уярском районах, от 1,2 ПДК в Лесосибирске и Красноярске, до 5,4 ПДК – в Ирбейском районе);

– по мышьяку: превышение ПДК регистрировалось в 27 из 46 территорий, где проводились исследования, но превышение в 2 и более раз отмечалось в Ачинске, Дивногорске, Красноярске, Балахтинском, Большемуртинском, Емельяновском, Енисейском, Иланском, Краснотуранском, Манском, Назаровском, Пировском, Северо-Енисейском, Ужурском районах;

– по свинцу: в 6 территориях (в Красноярске, Абанском, Березовском, Иланском, Канском, Тюхтетском районах). Превышение ПДК в 2,5 раза зафиксировано в Иланском районе, в 2,8 раза – в Канском районе, в 4,1 раза в Абанском районе;

– по фтору: в 6 территориях (в Красноярске, Сосновоборске, Березовском, Емельяновском, Партизанском, Шушенском районах), в том числе с превышением ПДК более, чем в 2 раза в Красноярске и Сосновоборске.

Показатели загрязнения почвы селитебных зон населенных мест Красноярского края тяжелыми металлами характеризуются ростом удельного веса проб, не отвечающих гигиеническим нормам, с 25,0% в 2009 году до 31,2% в 2013 году. За 2009-2013 годы отмечается тенденция снижения доли нестандартных проб почвы по содержанию ртути, при стабилизации или незначительном росте нестандартных проб почвы по содержанию свинца, кадмия. В 2013 году в почве селитебной зоны содержание свинца в 2,2% исследованных проб превышало гигиенический норматив, тогда как в 2012 году повышенное содержание свинца в почве селитебных зон не обнаружено.

В целом по краю показатели удельного веса проб почвы селитебной зоны, не отвечающих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, остаются высокими, характеризуя

эпидемиологическую ситуацию по биологическому загрязнению почвы жилых территорий как стабильно удовлетворительную. Эпидемиологическая ситуация по паразитарному загрязнению почвы жилых территорий Красноярского края характеризуется как удовлетворительная.

Причиной высокого химического и биологического загрязнения почвы населенных мест края продолжает оставаться отсутствие централизованной канализации в сельской местности, а также возникновение несанкционированных свалок. Неудовлетворительная ситуация складывается с состоянием санитарной очистки, сбором и вывозом бытовых отходов с территорий индивидуальной застройки.

Нарушение почвенного покрова – тоже важный фактор. Выполнение работ с нарушением почвенного покрова проводили 244 хозяйствующих объекта на территории 39 районов и 7 городов края. Наибольшие площади нарушенных земель относятся к предприятиям по добыче золота – 6073 га, угольной промышленности – 4710 га, черной и цветной металлургии – 1763 га, а также – к нефтяной промышленности.

Немалую роль играет экономический фактор, сейчас очень много земель брошено, они зарастают древесно-кустарниковой растительностью, заболачиваются и не обеспечиваются никаким уходом. На почвозащитные работы и поддержание плодородности почвы необходимы немалые деньги, которые государство не может, или не считает нужным выделять. Также для работ нужна техника, которой очень не хватает, на которую выделяется очень мало средств. По этой причине земли забрасывают, так как для больших объемов работ нужно достаточное количество техники.

Контрольные вопросы

1. Чем биосфера отличается от других оболочек Земли?
2. Кто был основателем учения о биосфере? В чем суть учения?
3. Какое вещество биосферы называется биогенным? Приведите примеры.
4. Каковы основные функции живого вещества в биосфере? Раскройте сущность газовой функции.
5. Какое влияние оказало возникновение городов на биосферу Земли?

Лабораторная работа 7. Оценка радиационного состояния окружающей среды

Радиоактивностью называют самопроизвольный распад неустойчивых ядер с испусканием других ядер или элементарных частиц. Характерным признаком, отличающим ее от других видов ядерных превращений, является самопроизвольность (спонтанность) этого процесса. Различают естественную и искусственную радиоактивность. Естественная радиоактивность встречается у неустойчивых ядер, существующих в природных условиях. Искусственной называют радиоактивность ядер, образующихся в результате различных ядерных реакций.

Радиоактивное излучение бывает трех типов: α , β , и γ .

α -излучение отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает высокой ионизирующей и малой проникающей способностью (поглощается слоем алюминия толщиной 0,05 мм), это поток ядер гелия.

β -распад заключается во внутриядерном взаимном превращении нуклонов (нейтрона в протон и обратно). β -излучение представляет собой поток электронов (позитронов), оно отклоняется электрическим и магнитным полями, его ионизирующая способность примерно на два порядка меньше, а поглощающая способность гораздо больше (поглощается слоем алюминия толщиной 2 мм), чем у α -частиц. Коэффициент поглощения β -излучения, которое сильно рассеивается в веществе, в значительной степени зависит не только от свойств вещества, но и от размеров и формы тела, на которое падает бета-излучение.

γ -излучение не отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает относительно слабой ионизирующей способностью и очень большой проникающей способностью (проходит через слой свинца толщиной 5 см). При прохождении через кристаллическое вещество наблюдается дифракция гамма-излучения. γ -излучение – коротковолновое электромагнитное излучение с чрезвычайно малой длиной волны – меньше 10^{-10} м.

Многие радиоактивные процессы сопровождаются излучением гамма-квантов.

Радиоактивностью является также спонтанное деление ядер, протонная активность и др. Понятие радиоактивности иногда распространяется и на превращения элементарных частиц.

Радиационный фон – ионизирующее излучение земного и космического происхождения, постоянно воздействующее на человека. В радиационный фон не входят местные радиационные загрязнения окружающей среды в результате деятельности человека, равно как и облучение на производстве, при рентгенодиагностике и других медицинских процедурах. Величина природного радиационного фона в определенных регионах Земли относительно постоянна.

Различают естественный, технологически измененный естественный и искусственный радиационный фон. Естественный радиационный фон обусловлен космическим излучением и излучением природных радионуклидов. Технологически измененный радиационный фон формируется за счет природных источников ионизирующего излучения, например, излучения рассеянных в окружающей среде естественных радионуклидов, извлеченных из недр Земли вместе с полезными ископаемыми или содержащихся в строительных материалах. Искусственный радиационный фон – глобальное загрязнение окружающей среды образующимися при расщеплении ядер урана и плутония искусственными радионуклидами; возник после начала испытания ядерного оружия, а также частично за счет сброса атомными электростанциями благородных газов, углерода и трития. Искусственный радиационный фон в масштабах земного шара в среднем оставляет 1-3% естественного радиационного фона.

Мерой радиационного фона на местности является мощность экспозиционной дозы. На территории нашей страны на местности (высота 1 м от поверхности земли) радиационный фон колеблется в основном в пределах 5-25 мкР/ч. В местах залегания гранитов и других минералов, содержащих повышенные концентрации урана и радия, величина радиационного фона и соответственно мощность дозы внешнего облучения на местности может достигать более 60 мкР/ч (норматив радиационной безопасности).

В медицинской практике радиационный фон оценивают по мощности поглощенной дозы в тканях организма, формируемой как внешним облучением, так и внутренним вследствие воздействия естественных радионуклидов, содержащихся в организме.

Влияние радиационного фона на здоровье человека полностью не выяснено. Некоторые специалисты считают, что человек в процессе эволюции адаптировался к радиационному фону, поэтому он для него полностью безвреден. Существует точка зрения, что радиационный фон оказывает даже благоприятное действие на

организм человека. Однако большинство специалистов концентрирует внимание на возможном отрицательном действии радиационного фона. Так, предполагают, что от 5 до 40% всех случаев рака легкого обусловлены вдыханием радона и его дочерних продуктов в помещениях. Точных оценок опасности радиационного фона не существует, поскольку характерные для радиационного фона малые дозы ионизирующих излучений не вызывают в состоянии здоровья выраженных, поддающихся объективной регистрации сдвигов.

Согласно наиболее распространенной точке зрения, на которой основываются официальные международные и общественные принципы гигиенического нормирования радиационного воздействия, любую дозу ионизирующего излучения, в том числе образуемую за счет радиационного фона, нельзя считать абсолютно безопасной. Однако при низких дозах риск очень мал и практически не поддается выявлению.

Основную часть облучения население земного шара получает от естественных источников радиации. Большинство из них таковы, что избежать облучения от них совершенно невозможно (рис. 9). Человек подвергается облучению двумя способами. Радиоактивные вещества могут находиться вне организма и облучать его снаружи (внешнее облучение). В случае, если радиоактивные вещества оказываются в воздухе, пище или воде они могут попасть внутрь организма человека. Такой способ облучения называют внутренним. Основными видами ионизирующих излучений, с которыми встречаются в настоящее время организмы, являются альфа, бета-частицы, гамма-кванты, рентгеновское излучение.

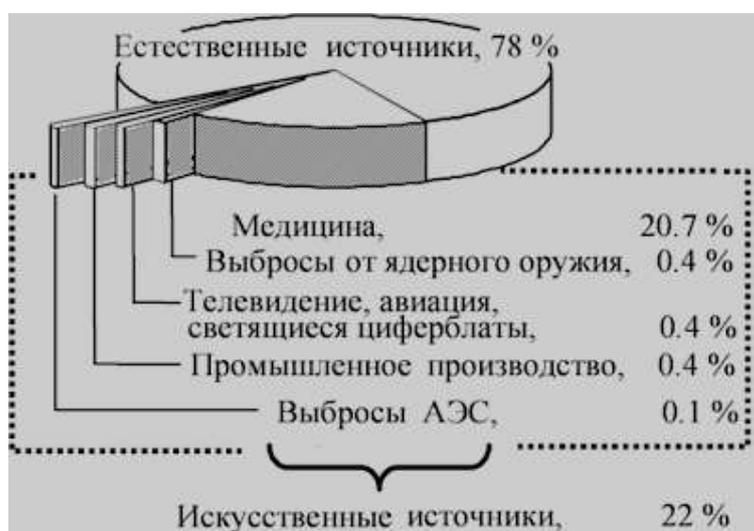


Рисунок 9 – Процентная доля облучения тела человека дозами ионизирующего излучения, получаемыми от различных источников

Бытовые дозиметры предназначены для оперативного индивидуального контроля населением радиационной обстановки и позволяют приблизительно оценивать мощность эквивалентной дозы излучения. Большинство современных дозиметров измеряет мощность дозы излучения в микрозивертах в час (мкЗв/ч), однако до сих пор широко используется и другая единица – микрорентген в час (мкР/ч). Соотношение между ними такое: $1 \text{ мкЗв/ч} = 100 \text{ мкР/ч}$.

Прибор НЕЙВА ИР-002 оценивает радиационную обстановку. Работа индикатора происходит следующим образом. Проходящее через детектор γ -излучение вызывает внутри него газовый разряд, в результате которого на выводах детектора появляются импульсы напряжения. Электронная схема считает эти импульсы и высвечивает на табло. Время счета составляет $36/360 \text{ с}$ и определяется электронной схемой. Выбранный интервал времени измерения необходим для измерения реального уровня γ -излучения мкР/ч. Таким образом, определяя количество импульсов, можно оценить уровень радиоактивного фона на каком-либо объекте ($1 \text{ мкР/ч} = 0,01 \text{ мкЗв/ч}$).

Цель работы: оценить радиационное состояние окружающей среды и ее компонентов с помощью дозиметра.

Оборудование, реактивы, материалы: прибор-индикатор радиоактивности НЕЙВА ИР-002.

На рисунке 10 представлен внешний вид индикатора радиоактивности НЕЙВА ИР-002, который предназначен для обнаружения и оценки уровня ионизирующего излучения. На передней и задней панели прибора находятся:

1. Переключатель, который имеет три положения:

- ВЫКЛ – соответствует отключенному от батареи питания состоянию;

- СБРОС – батарея питания подключена, электронная схема в исходном состоянии;

- СЧЕТ – основной режим работы индикатора, режим регистрации γ -излучения.

2. Кнопка «1/10».

С помощью кнопки «1/10» подсчет импульсов возможен двумя способами:

«1» – индикатор считает импульсы в течение 36 с ;

«10» – индикатор считает импульсы в течение 360 с .



Рисунок 10 – Прибор НЕЙВА ИР-002

Вариант 1. Определение мощности экспозиционной дозы естественного фона

Ход работы

1. Подготовьте прибор (индикатор радиоактивности).
2. Проведите замер радиационной обстановки.
3. Повторите п. 2 еще 8-10 раз и запишите полученные значения в тетрадь.
4. Подсчитайте среднее значение.
5. Полученные результаты запишите в таблицу.
6. Сравните полученное среднее значение фона с естественным радиационным фоном, принятым за норму, – 0,15 мкЗв/ч.

Таблица отчета

Номер замера	Мощность дозы (мкР/ч или мкЗв/ч)	Среднее экспозиционной дозы (мкР/ч или мкЗв/ч)
1		
...		
10		

Задание

1. Определите мощность экспозиционной дозы естественного фона в разных помещениях учебного корпуса.

2. Определите мощность полевой эквивалентной дозы γ -излучения с помощью дозиметра. Проведите измерения на улице.

Вычислите в обоих случаях среднее арифметическое значение. Сравните результаты, сделайте выводы.

Вариант 2. Определение уровня загрязненности воды, почвы, продуктов питания по γ -излучению

Ход работы

1. Подготовьте пробу в стандартных бытовых стеклянных банках емкостью от 0,5 до 3 л под бытовой полиэтиленовой крышкой: залейте жидкость (вода, молоко и др.) или засыпьте предварительно мелко измельченный продукт (грибы, ягоды, крупа и др.) в банку, чтобы верхняя граница не доходила до края горловины на 3-5 мм.

2. Подготовьте дозиметр к работе.

3. Установите прибор вплотную рабочей чувствительной поверхностью к почве или воде и снимите последовательно 5-6 показаний.

4. Рассчитайте среднее значение мощности дозы от пробы.

5. Уберите пробу и определите фоновое излучение.

6. Рассчитайте объемную активность пробы в Беккерелях на 1 л. Для этого от среднего значения мощности дозы отнимите значение фоновой радиации, затем полученное число умножьте на 1000 для пробы объемом 2 л или на 1200 для пробы объемом 1 л.

7. Сделайте вывод о радиационной чистоте исследуемых проб.

Схема записи результатов

Номер пробы	Мощность дозы от пробы (среднее значение)		Фоновое излучение		Объемная активность пробы, Бк/л
	мкЗв/ч	мкР/ч	мкЗв/ч	мкР/ч	
1-я проба					
2-я проба					
3-я проба					
и т.д.					

Задание

Определите уровень загрязненности исследуемых образцов (воды, почвы, продуктов питания) по γ -излучению с помощью дозиметра. Вычислите среднее арифметическое значение. Сделайте выводы об уровне загрязненности проб на основании полученных экспериментальных данных.

Результаты наблюдений занесите в таблицу отчета.

Ответьте письменно на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Вычислите, какую дозу ионизирующих излучений получит человек в течение года, если среднее значение радиационного фона на протяжении года изменяться не будет. Сопоставьте ее со значением, безопасным для здоровья человека.

2. Какое радиоактивное излучение обладает самой большой проникающей способностью? Минимальной проникающей способностью?

3. Чему (в рентгенах) равен естественный фон радиации?

4. Какие существуют способы защиты от воздействия радиоактивных частиц и излучений?

5. Укажите экологические последствия радиационного загрязнения окружающей среды.

Тема 8. ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

8.1. Особенности биосоциальной природы человека

Особенности воздействия человека на окружающую природу и окружающую среду вытекают из его двойственного положения в биосфере. С одной стороны, человек – биологический вид, являющийся элементом экосистемы и входящий в общую систему круговоротов вещества и энергии, с другой стороны – член социума, пользующийся всеми его достижениями.

Происхождение человека, его становление как биологического вида называется *антропогенезом*.

Движущимися факторами антропогенеза являются как биологические, так и социальные факторы.

Биологические факторы – наследственность, изменчивость, борьба за существование и естественный отбор.

Социальные факторы – трудовая деятельность человека, его общественный образ жизни, речь и мышление.

Человек имеет биосоциальную природу и развивается под воздействием двух программ: биологической и социальной. Первая определяет его морфофизиологические особенности, в результате второй происходит формирование личности человека, его социокультурных ценностей, морали, политических убеждений и т.п. Сегодня эволюция человека продолжается. Предположительно, она идет даже более быстрыми темпами, чем ранее. Во-первых, на всех стадиях онтогенеза присутствует естественный отбор, во-вторых, возросла доля мутаций, как в соматических, так и половых клетках человека, в связи с увеличением роли мутагенов, поступающих в окружающую среду из-за активно идущего техногенеза.

Мутации – внезапно и случайно появляющиеся изменения в наследственной информации соматических клеток (соматическая мутация) или в зародышевых клетках, которые не являются следствием рекомбинации и которые наследуются. Фенотипически эти изменения проявляются в разной степени. Изменения признаков, вызванные мутацией, могут быть рецессивными и у особей с диплоидным набором хромосом могут явно не проявляться, а также не иметь заметных последствий.

Мутации в соматических клетках при митозе наследуются и передаются во все последующие поколения клеток. В этом случае особь наряду с клетками исходного генотипа будет иметь, кроме того, мутантные клетки. Особь оказывается мозаичной. Изменчивость особи зависит от стадии развития, в ходе которой возникла мутация.

Мутация в зародышевых клетках оказывает влияние на всю развивающуюся из оплодотворенной яйцеклетки особь. Измененная наследственная информация передается всем клеткам тела при митозе в ходе индивидуального развития, а при размножении наследуется потомками.

Неядерные мутации касаются изменений, происходящих у млекопитающих в ДНК митохондрий. Они проявляются в сложных нарушениях всего организма, например, в виде дефектов дыхания.

Факторы, вызывающие мутации, называют *мутагенами*. Мутагены оказывают действие на весь организм, но действуют ненаправленно. К мутагенам можно отнести радиоактивное и рентгеновское излучение, холодовой шок и высокие температуры, колхицин и никотин, азотистую кислоту и всевозможные газы, среди которых, безусловно, выделяется иприт.

При нормальной жизнедеятельности организма мутации могут возникнуть спонтанно, и тогда выяснить внешнюю причину мутаций сложно. Однако мутации могут быть индуцированными, то есть вызываться физическими или химическими воздействиями. Даже в этом случае при использовании мутагенов не удастся вызвать направленных мутаций.

Типология мутаций

Генные мутации. Изменения в наследственной информации отдельного гена. Возникает новая форма состояния гена – новый аллель. Генная мутация называется точковой. При такой мутации обменивается одно из нуклеотидных оснований в молекуле ДНК, в результате чего изменяется информационное содержание ДНК. При генной мутации нарушается считывание триплета, транслируемый участок цепи ДНК сдвигается, – образуется, как следствие, укороченный полипептид или неактивный белок.

Хромосомные мутации. Изменения структуры хромосом, затрагивающие несколько генов, возникают, как правило, из-за разрывов хромосом, которые приводят к перестройке структур хромо-

сом. Наиболее известными хромосомными мутациями считаются делеция (состоящая в потере фрагмента), инверсия (обращение фрагмента), транслокация (обмен фрагментами) и дупликация (удвоение генов).

Геномные мутации. Количественные изменения набора хромосом за счет утраты или умножения числа отдельных хромосом, а также в результате изменения целых наборов хромосом. Геномные мутации вызываются нарушениями в функционировании веретена деления.

У человека бывает представлена анеуплоидия, она вызывается аномалиями в развитии, когда 21-я хромосома представлена в хромосомном наборе трижды. В этом случае наблюдается синдром Дауна. При эуплоидии может происходить кратное увеличение целых хромосомных наборов, но как правило, такой дефект наблюдается у растений, например, у кукурузы.

Спонтанные повреждения ДНК встречаются часто. Они могут присутствовать в любой клетке, однако в большинстве случаев они репарируются специфическими ферментами. Таким образом, ошибочные структуры нити ДНК «вырезаются» и далее благодаря новому спариванию нуклеотидных оснований восстанавливаются до исходного состояния.

Вид *человек разумный* сегодня подразделен на 3 (5) рас: европеоидную, монголоидную, австрало-негроидную или на европеоидную, монголоидную, американскую, австралоидную и негроидную. Расы возникли вследствие расселения и последующей изоляции на долгое время популяций неантропов, живших в разных природно-климатических зонах. Различия между расами заключаются в цвете кожи, форме носа, разрезе глаз, особенностях потовыделения и т.п. Они сформировались вследствие адаптаций людей к определенному образу жизни. Однако все имеющиеся отличия не мешают людям разных рас создавать семьи и оставлять потомство.

8.2. Причины и последствия урбанизации

В истории развития вида человек разумный произошло три революции: неолитическая (около 10-12 тыс. лет назад), приведшая к тому, что человек перестал вести кочевой образ жизни и начал заниматься сельским хозяйством; промышленная (начало XIX века) – знаменовалась тем, что стало развиваться промышленное произ-

водство и сельскохозяйственные труженики стали наемными рабочими, и экологическая (70-е годы XX века), – связана с техническими достижениями человечества и с ростом загрязнения окружающей среды. Начиная со второй революции – промышленной активно наметилась тенденция к урбанизации. *Урбанизация* – исторический процесс, связанный с ростом городов и распространением городского образа жизни. Урбанизация носит объективный характер, однако она приносит в жизнь человечества очень много проблем, поскольку с улучшением условий существования происходит концентрация промышленных производств, увеличение транспорта, сокращение зеленых насаждений и, как следствие, появление новых мутагенов и рисков для жизни человека. Сегодня на Земле проживает около 7 млрд человек. Средняя продолжительность жизни, по данным ООН, составляет 62 года (63 – у женщин и 60 у мужчин). В России мужчины в среднем живут до 58 лет, женщины до 71 года. Есть страны (Япония), где средняя продолжительность жизни выше (мужчины до 75 лет, женщины до 81 года). По прогнозам ученых в дальнейшем ожидается увеличение общей численности населения, и как следствие дальнейшая активизация процесса урбанизации.

Существует несколько прогнозов роста численности населения (приведено по: Щукин И., 2004). По первому варианту (неустойчивое развитие) – к концу XXI века возможен рост численности населения до 28-30 млрд человек, что сделает затрудненным обеспечение населения продуктами питания. По второму варианту (устойчивое развитие) – численность населения необходимо стабилизировать на уровне, не превышающем 10 млрд человек, что будет соответствовать удовлетворению жизненных потребностей человека и дальнейшему нормальному развитию общества. Безусловно, также необходимо ограничить и общую численность проживающего в городах населения. Сегодня существует несколько десятков городов-миллионеров, среди которых самыми крупными мегаполисами можно считать Токио (27 млн человек), Нью-Йорк и Сан-Паулу (17 млн человек), Мехико, Шанхай, Бомбей (около 15 млн человек). В Москве численность населения, вместе с приезжими составляет около 12 млн человек. Безусловно, столь заселенные территории с высокой плотностью населения порождают массу проблем, среди которых на первом месте стоит загрязнение окружающей среды.

8.3. Факторы риска и их классификация

Фактор риска – общее название факторов, не являющихся непосредственной причиной определенной болезни, но увеличивающих вероятность ее возникновения. Факторы риска можно подразделить на биологические, экологические и социальные.

К биологическим факторам риска относятся генетические и приобретенные в онтогенезе особенности организма человека. У многих людей существуют определенные предрасположенности, например, к гипертонической болезни, сахарному диабету, шизофрении, язвенной болезни. Повышается вероятность заболеть гипертонией или сахарным диабетом у людей, страдающих ожирением. Ожирение – фактор риска. Шансов заболеть язвенной болезнью больше у тех, кто ведет неправильный образ жизни (питается «всухомятку») и при этом имеет повышенную кислотность желудочного сока. Фактор риска – неправильное питание. Наличие очагов хронической инфекции (насморк) приводит к заболеваниям сердечно-сосудистой системы и т.п.

К экологическим факторам риска относят изменения физических и химических свойств абиотических факторов среды (а также их избыток или недостаток). Например, недостаток йода в продуктах питания и воде в местах с недостатком этого элемента в природе (в горных районах) приводит к развитию эндемического зоба. Изменения в магнитосфере земли у метеозависимых людей вызывают изменения кровяного давления. Ионизирующее излучение повышает риск онкозаболеваний. Аналогичным фактором риска является присутствие в воздухе помещений газа радона.

Социальные факторы риска – неблагоприятные жилищные условия, наркомания, пьянство, токсикомания, гиподинамия, стресс. Все они приводят к возникновению многих тяжелых заболеваний. Например, пьянство способствует заболеваниям сердца, печени, и в целом ведет к десоциализации личности.

Таким образом, многие заболевания человека связаны с особенностями его жизни. Профилактика заболеваний является основой здорового образа жизни.

Здоровый образ жизни – способ жизнедеятельности, соответствующий генетически обусловленным особенностям данного че-

ловека, конкретным условиям жизни и направленный на формирование, сохранение и укрепление здоровья, а также на полноценное выполнение человеком его социально-биологических функций.

Для соблюдения здорового образа жизни надо учитывать:

- 1) индивидуальные наследственные особенности;
- 2) природно-экологические и социально-экологические условия среды обитания человека;
- 3) возрастную и половую принадлежность, социально-экономические условия жизни;
- 4) личностно-мотивационные особенности человека.

Здоровый образ жизни должен определяться следующими факторами: оптимальным двигательным режимом, закаливанием, рациональным питанием, отсутствием вредных привычек.

Доминирующие факторы риска: гиподинамия, переедание, вредные привычки, стресс, загрязнение окружающей среды.

8.4. Состояние окружающей среды и здоровье человека

Состояние окружающей среды в последние годы ухудшается, особенно это касается состояния суши, атмосферы и гидросферы. Суша (почва и недра) является важнейшим элементом биосферы и во многом определяет состояние внешней среды обитания человека. Нерациональное использование земельных ресурсов (перегрузка почв удобрениями и пестицидами, строительство индустриальных объектов на плодородных землях, чрезмерное развитие пастбищного животноводства) приводит к деградации почвы.

Серьезную опасность представляет загрязнение почвы промышленными и бытовыми отходами. Наиболее токсичны отходы, содержащие ртуть, мышьяк, свинец, кадмий, медь, цинк, аммиак, радиационные загрязнения. Почва имеет способность к самоочистке, но это долгий и сложный процесс.

Чтобы сохранить почву, следует меньше загрязнять ее, использовать щадящие способы ее обработки, правильно проводить ее обводнение и осушение, лучше очищать сточные воды промышленных предприятий и городов.

Важное значение для всех биологических форм жизни на Земле имеет атмосфера. Сегодня серьезные опасения вызывают потеп-

ление климата, обусловленное парниковым эффектом, разрушение озонового слоя, увеличение количества кислотных осадков и вредных выбросов в атмосферу. Эти явления происходят в результате загрязнения атмосферы мелкодисперсной пылью, фреонами, диоксидом серы, оксидом углерода, оксидом азота и углеводородами.

Для улучшения состояния воздушной среды необходимо шире внедрять бестопливные источники энергии, установить на промышленных предприятиях оборудование по очистке выбросов, автомобильный транспорт обеспечить эффективными нейтрализаторами выхлопных газов.

Особое место на Земле занимает вода. Она входит в состав любого организма. Естественные запасы воды, особенно пресной, не безграничны. В результате антропогенного воздействия качество природной воды ухудшается. Причины этого ухудшения следующие:

- загрязнение пресных вод серной и азотной кислотами из атмосферы, увеличение содержания в них сульфатов и нитратов;
- увеличение содержания кальция, магния, кремния в подземных и речных водах вследствие вымывания и растворения этих веществ подкисленными дождевыми водами;
- увеличение содержания тяжелых металлов, прежде всего свинца, кадмия, ртути, мышьяка и цинка;
- увеличение содержания в поверхностных и подземных водах солей в результате их поступления со сточными водами из атмосферы и за счет смыва твердых отходов;
- увеличение содержания органических соединений, прежде всего биологически стойких (пестициды, продукты их распада и другие токсичные, канцерогенные и мутагенные вещества);
- уменьшение содержания кислорода, прежде всего в результате увеличившегося расхода воды на окислительные процессы;
- уменьшение прозрачности воды в водоемах (в загрязненных водах размножаются вирусы и бактерии – возбудители инфекционных заболеваний);
- загрязнение радиоактивными изотопами.

В связи с этим сохранение естественных источников воды и их защита от загрязнения являются одной из главных задач экологии.

Негативные изменения окружающей среды отрицательно сказываются на здоровье людей. Так, нарушение биохимического состава почвы приводит к изменению содержания в воде, растениях, организме животных и человека таких важных микроэлементов, как йод, кобальт, фтор, марганец, бор, стронций, и многих других. Помимо этого в почве накапливаются болезнетворные микроорганизмы, яйца и личинки червей, паразитирующих в организме человека и животных и вызывающих различные заболевания.

Изменение состава и свойств воздушной среды тоже неблагоприятно сказывается на здоровье человека. Особенно страдают от вредных компонентов атмосферного воздуха дыхательная, сердечно-сосудистая и иммунная системы организма.

Особую опасность для здоровья населения представляет загрязнение воды. Недоброкачественная вода является источником распространения тяжелых инфекционных заболеваний (холера, дизентерия, брюшной тиф, болезнь Боткина и др.). В ней могут содержаться яйца и личинки глистов.

Вредное биологическое воздействие на человека производят мощные электрические, электромагнитные и сверхвысокочастотные поля, шумы и используемые в производстве и быту химикаты. Эти факторы вызывают нарушение работы сердечно-сосудистой и нервной систем, обмена веществ, снижение условно-рефлекторной деятельности и ухудшение репродуктивной функции, расстройство слуха и зрения.

8.5. Загрязнение среды и его виды

Сегодня загрязнение окружающей среды проявляется в нарушении биоритмов, аллергиях, росте доли рождения недоношенных детей, возрастании удельного веса хронических заболеваний, росте профессиональных заболеваний.

Загрязнение – привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых (обычно не характерных для нее) вредных химических, физических, биологических, информационных агентов.

По видам загрязняющих агентов выделяют:

физическое загрязнение – тепловое, радиоактивное, шумовое, электромагнитное, световое;

химическое – загрязнение тяжелыми металлами, пестицидами, аэрозолями, ПАВами – поверхностно-активными веществами;

биологическое – загрязнение патогенными микроорганизмами, продуктами генной инженерии и т.д.

Загрязнение может быть природным или антропогенным; глобальным или региональным и локальным (местным) (рис. 11).

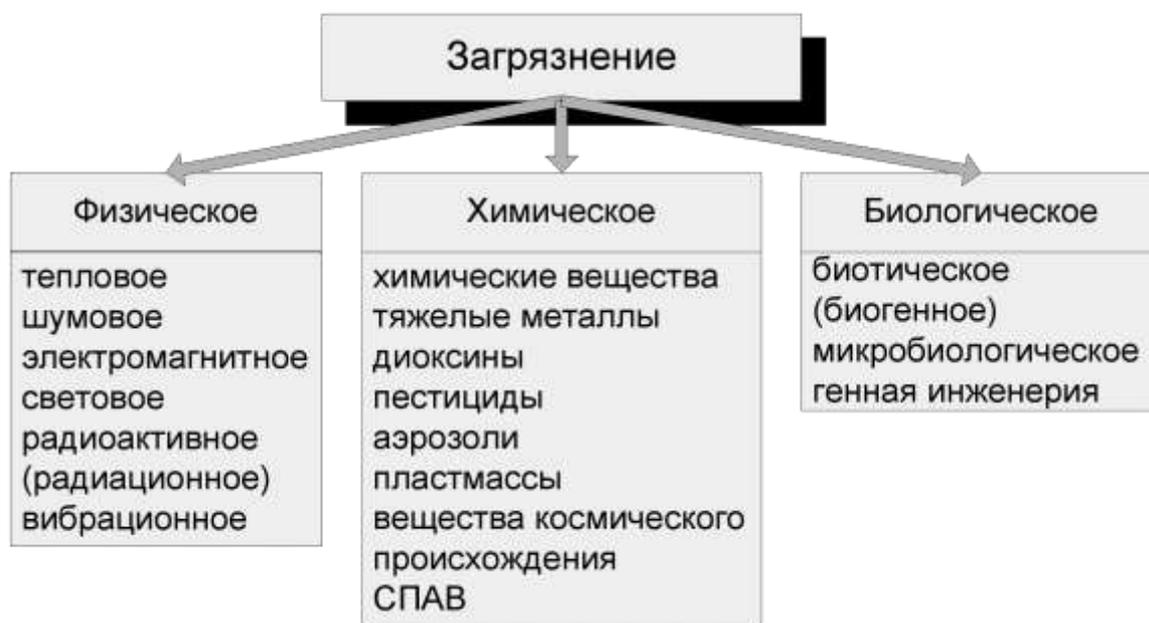


Рисунок 11 – Виды загрязнения

Виды загрязнения по своей природе:

1. *Ингредиентное (химическое)* – отходы химической промышленности, бытовые стоки и мусор, утечка при нефтедобыче, нефтепереработке, транспортировке и перегрузке, утечка микробиологических препаратов, отходы пищевой промышленности, отходы при добыче полезных ископаемых на дне, ядохимикаты и удобрения, используемые в сельском хозяйстве, отходы животноводческих ферм, аварийные выбросы остатки химического оружия, захоронения контейнеров и пр.

2. *Параметрическое (физическое)* – шумовое (акустическое), тепловое, радиационное, электромагнитное.

3. *Биоценологическое (биологическое)* – сокращение биоразнообразия нарушение баланса популяций в экосистемах, случайная и недостаточно обоснованная направленная интродукция и акклиматизация, нерегулируемый вылов, перепромысел, генная инженерия

(искусственное изменение генофонда, создание генетически измененных видов и продуктов питания, клонирование и др.) нарушение биотопа, субстрата, комплексный фактор беспокойства и пр.

4. *Стационально-деструкционное (механическое)* – разработка месторождений, разрушение поверхности Земли и дна водоемов различными, в том числе взрывными способами, разрушение берегов, грунтов и т.п.

8.6. Зоны экологической катастрофы и экологические законы Б. Коммонера

Антропогенная деградация среды приводит к тому, что появляются особые зоны экологической катастрофы, экологического риска, экологического кризиса, экологического бедствия.

Зона экологической катастрофы – территория, на которой биогеоценозы из одного устойчивого состояния переходят в другое. В природе скачкообразный переход несколько растянут, и разрушения экосистем представляют собой постепенный переход в новое, как правило, нарушенное по сравнению с исходным, состояние. Например, взрывы, наводнения, пожары. В других случаях катастрофическая ситуация складывается в результате длительного воздействия на природные системы, например, металлургического комбината или химического производства. Растянутый во времени характер экологических катастроф предполагает наличие нескольких этапов нарушения экосистем, сопровождающихся возникновением ряда зон:

- экологического риска – территории с заметным снижением биологической продуктивности и устойчивости экосистем при сохранении возможности восстановления их естественного состояния;

- экологического кризиса – территории с сильным снижением биологической продуктивности и потерей устойчивости, трудно восстанавливаемыми нарушениями экосистем, предполагающих лишь выборочное хозяйственное использование и требующих глубокого улучшения их состояния. Данный вариант экологического неблагополучия представляет угрозу для здоровья человека;

- экологического бедствия (собственно экологическая катастрофа) – территории с полной потерей продуктивности, практически

не восстанавливаемыми нарушениями, полностью исключаящими эти территории из хозяйственного использования и требующих коренного улучшения (например, замены почвенного покрова). Экологическое неблагополучие возникает на основе прямого или косвенного воздействия человеческой деятельности и ведет к неблагоприятным экономическим последствиям и возможно к гибели части населения.

Экологический кризис и экологическое бедствие в зависимости от масштаба могут быть локальными, региональными и глобальными.

Барри Коммонер сформулировал экологические закономерности, которые призваны регулировать поведение человека в современном мире:

1. **«Все связано со всем».** Данный закон гласит, что изменения в какой-то одной части экосистемы неизбежно приводят к изменениям в другой ее части, в результате чего, либо нейтрализуется первоначальное воздействие, либо экосистема деформируется. Все процессы, происходящие в экосистемах и глобальной экосистеме – биосфере, взаимосвязаны через глобальные круговороты вещества, перемещения в пространстве животных и диаспор, спор и семян растений, через геофизические процессы и благодаря влиянию антропогенного фактора во всех частях планеты.

2. **«Все должно куда-то деваться».** По сути, этот закон – перефразированный закон сохранения массы вещества и энергии. Другими словами, если в процессе производства создается какой-то новый элемент, то должны существовать в природе круговороты, в которые он может встроиться или организмы-редуценты, которые смогут его переработать. Следовательно, необходимо отслеживать поведение каждого химического элемента, без чего невозможно определить истинное количество и состав отходов и выбросов в окружающую среду.

3. **«Ничто не дается даром».** В естественных экосистемах возникновение новых жизненных форм, появление новых видов или изменения в неживой природе неизбежно приводят к изменениям сложившихся взаимосвязей между элементами экосистемы. Это означает то, что человек не может безвозмездно использовать природные ресурсы, он обязан, что-то возвращать в окружающую его природу.

4. **«Природа знает лучше».** Этот закон означает, что наши знания о природе весьма ограничены. Несмотря на то, что мы много знаем и умеем, естественные экосистемы – устойчивее агро- и урбоценозов, а естественный отбор – надежнее искусственного.

5. **«За все нужно платить».** Этот закон говорит о том, что ни в коем случае нельзя наносить вред окружающей природе, что в случае уничтожения отдельных видов или целых экосистем человечество лишает себя не только ценных лекарственных, пищевых или технических ресурсов, но и самой возможности комфортного существования в будущем.

Контрольные вопросы

1. Дайте понятие термину «здоровье».
2. Какие физические и биологические факторы негативно воздействуют на состояние здоровья человека, в чем их опасность?
3. Какие болезни, связанные с состоянием среды обитания и психическим состоянием людей, вам известны?
4. Как влияет состояние биосферы на развитие болезней человека?
5. Какие химические соединения наиболее опасны для здоровья людей?

Лабораторная работа 8. Моделирование механизма «парникового эффекта»

Термин «глобальная экология» был предложен в 1977 году академиком М.И. Бутыко для комплексной науки, изучающей биосферу в целом. Академик С.С. Шварц подчеркивал, что «в последнее время сложилась практика определения комплекса глобальных экологических проблем взаимодействия человека и природы как глобальной экологической проблемы, а комплекс наук, исследующих эту проблему, – как глобальную экологию»... одним из основополагающих принципов глобальной экологии должен быть принцип неизбежности прогрессирующего антропогенного изменения природной среды.

Среди экологических проблем обычно называют проблемы разрушения озонового слоя, «парникового эффекта», кислотных дождей, сокращения биологического разнообразия и др.

Моделирование – исследование какого-либо явления, процесса или объекта путем построения и изучения их моделей.

Модель (от лат. *modulus* – мера, образец) – любой образ, аналог, описание какого-либо процесса или явления, воспроизводящее или имитирующее его основные свойства.

Основоположником глобального экологического моделирования с имитацией процессов на ЭВМ является американский ученый Джой Форрестер.

Наиболее интересные модели глобального развития появились по инициативе итальянского экономиста Аурелио Печчеи для «Римского клуба». Первым отчетом «Римскому клубу» была работа «Пределы роста» (Деннис Медоуз и др., 1972), явившаяся страстной проповедью опасностей безудержного экономического роста. С тех пор было создано около трех десятков отчетов «Римскому клубу». Среди последних – работа С. Хантингтона «Столкновение цивилизаций» (1994), в которой утверждается, что будущие мировые конфликты могут определяться не экономикой или идеологией, а сферой культуры, противоречиями цивилизаций.

Прогрессивное человечество, и в первую очередь, ученые и политики, уделяют большое внимание проблеме глобального потепления климата. Рассмотрим теперь, почему это явление называется «парниковым эффектом», какова его природа.

Представим себе парник (цветочную оранжерею или теплицу), который нагревается на солнце. Нагрев вызван тем, что световая энергия, проникающая внутрь парника через стекло, поглощается и превращается в тепловую, то есть в инфракрасное (ИК) излучение, которое не может пройти через стекло наружу. Таким образом, тепло как бы улавливается, и температура в парнике повышается.

Диалогично нагревается атмосфера Земли. Солнечные лучи падают на Землю. Большая их часть проникает сквозь атмосферу, и поглощаясь, нагревает поверхностный слой Земли. Земля испускает невидимое инфракрасное излучение, в результате чего происходит ее охлаждение. Однако часть этого излучения поглощается парниковы-

ми газами в атмосфере, которые выполняют роль «экрана», удерживающего тепло (рис. 12).

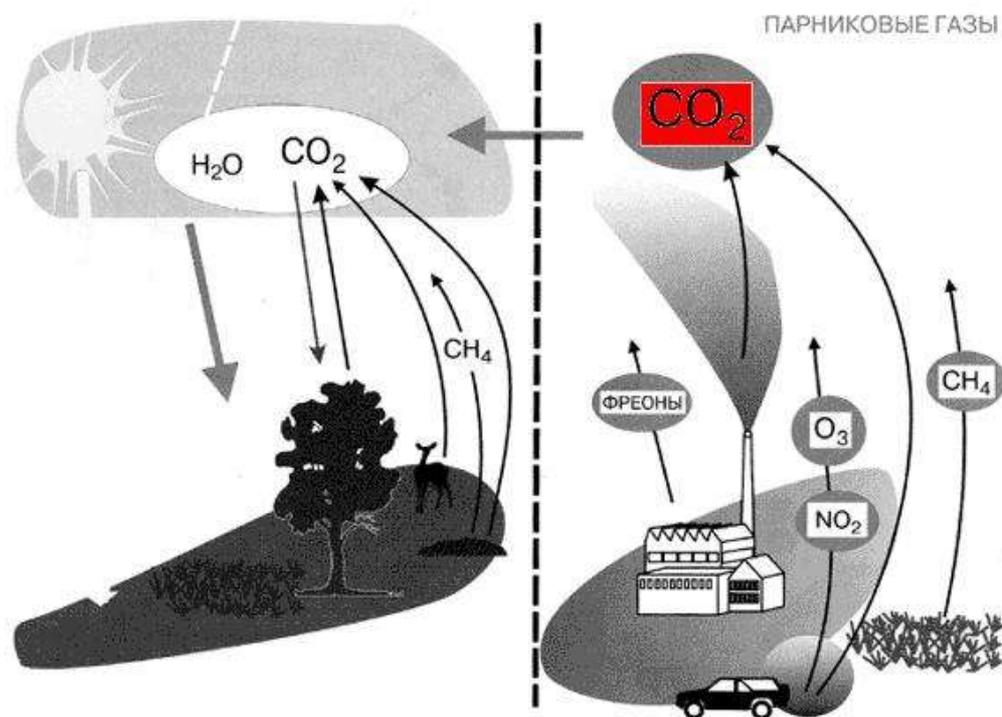


Рисунок 12 – Парниковый эффект

Чем выше концентрация этих газов, тем заметнее парниковый эффект.

Парниковые газы – газы, создающие в атмосфере экран, задерживающий инфракрасные лучи, которые в результате нагревают поверхность Земли и нижний слой атмосферы. Многие из этих газов почти на всем протяжении истории существования Земли присутствовали в атмосфере в незначительном количестве. К наиболее распространенным природным парниковым газам относятся пары воды H_2O . Следующим в ряду парниковых газов стоит углекислый газ CO_2 . При отсутствии CO_2 температура поверхности Земли была бы примерно на $33^\circ C$ ниже, чем в настоящее время, то есть условия для жизни животных и растений были бы крайне неблагоприятными. Углекислый газ попадает в атмосферу как естественным, так и искусственным путем. Следовательно, необходимо делать различие между естественным парниковым эффектом и антропогенным, усиленным парниковым эффектом (Общая экология..., 2010).

Далее рассмотрим проблемы парникового эффекта, вызванные деятельностью человека.

В настоящее время основными парниковыми газами являются углекислый газ CO_2 , метан CH_4 , хлорфторуглероды (фреоны) и оксид азота (I) N_2O . Доля влияния основных парниковых газов на глобальное потепление длительное время составляла: CO_2 – 55% (0,5%), фреонов и родственных им газов – 24% (4%), CH_4 – 15% (0,9%), N_2O – 6% (0,8%) (в скобках указан уровень среднегодового прироста этих газов). Тропосферный озон O_3 тоже относится к парниковым газам, но его трудно оценить количественно. Возникает он в тропосфере в результате химических реакций под действием солнечного света между углеводородами и оксидами азота, образовавшимися при сжигании ископаемого топлива.

К 2000 году доля влияния этих парниковых газов на глобальное потепление изменилась. По сравнению с 1990 годом возросла доля углекислого газа с 55 до 64% и метана – с 15 до 20%, уменьшилась доля фреонов (в связи с их запретом) с 24 до 10%, на прежнем уровне осталась доля N_2O (6%) (табл. 11).

Таблица 11 – Основные парниковые газы, их источники и доля влияния на глобальное потепление (Гурни К., 2000)

Газ	Основной источник	Доля влияния на глобальное потепление, %
Углекислый газ CO_2	Производство, транспортировка и сжигание ископаемого топлива (86%). Сведение тропических лесов и сжигание биомассы (12%). Остальные источники (2%)	64
Метан CH_4	Утечка природного газа Производство топлива. Жизнедеятельность животных (пищеварительная ферментация). Рисовые плантации. Сведение лесов	20
Хлорфторуглероды (фреоны) и родственные газы	Холодильная промышленность (хладагенты). Производство аэрозольных упаковок. Системы кондиционирования воздуха. Производство пенопласта	10
Оксид азота (I) N_2O	Применение азотных удобрений. Сжигание биомассы. Сжигание ископаемого топлива	6

Антропогенный парниковый эффект на 57% обусловлен добычей и потреблением энергии, на 9% – исчезновением лесов, на 14% – сельскохозяйственной деятельностью и на 20% – остальным промышленным производством, не связанным с энергетическим циклом (в том числе и производством фреонов).

Цель работы: освоить метод моделирования ситуации при рассмотрении «парникового эффекта»; исследовать механизм образования «парникового эффекта».

Оборудование, реактивы, материалы: прозрачная пластмассовая коробка или аквариум с крышкой; пульверизатор; термометр с подставкой; электрическая лампа; темный грунт; светлый грунт.

Ход работы

1. Насыпьте на дно прозрачной пластмассовой коробки или аквариума темный грунт (песок или почву) слоем 2-3 см.

2. Увлажните песок или почву с помощью пульверизатора.

3. Сделайте из картона подставку для термометра.

4. Вкопайте ее в грунт и установите на нее термометр шариком вверх. Закройте сосуд крышкой.

5. Установите лампу над сосудом на расстоянии 20-30 см таким образом, чтобы свет падал на шарик термометра.

6. Выключив лампу, выждите, пока температура не сравняется с комнатной. Отметьте эту температуру в журнале для наблюдений.

7. Оставьте крышку на сосуде, включите лампу и записывайте температуру каждую минуту в течение 20 мин (термометр должен быть расположен так чтобы можно было легко снимать его показания через стенку сосуда).

8. Выключив лампу, выждите, пока температура не сравняется с комнатной. Снова увлажните грунт и повторите опыт, сняв крышку с сосуда.

9. Постройте график, отложив по оси ординат температуру, а по оси абсцисс – время.

10. Снова сделайте ту же работу, заменив темный грунт светлым. Результаты оформите в виде таблицы.

Схема записи результатов

Время, мин	Температура, °С			
	Темный грунт		Светлый грунт	
	без крышки	с крышкой	без крышки	с крышкой
1				
2				
...				
20				

Задание

1. Изучите причины и последствия парникового эффекта.
2. Зафиксируйте нагрев темного и светлого грунта, сравните результаты.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Почему температура повышается, когда коробка закрыта крышкой?
2. Сравните этот процесс с парниковым эффектом Земли.
3. Различаются ли температурные кривые для темного и светлого грунта?
4. Влияет ли на температуру воздуха увеличение облачности?
5. Как повлияет существенное повышение средней температуры на планете Земля на очертания суши?

Задачи

1. Электростанция, работающая на угле, выделяет на каждый гигавайт-час вырабатываемой энергии 964 т CO_2 (с учетом добычи топлива, строительства и эксплуатации), на нефти – 726,2 т CO_2 , на природном газе – в 1,5 раза меньше, чем на нефти, а выбросы CO , при строительстве солнечно-тепловой электростанции в 134 раза меньше, чем для работающей на газе. Рассчитайте, сколько тонн CO_2 выделяет электростанция, использующая энергию Солнца. Сделайте вывод, какая из указанных электростанций вносит больший «вклад» в развитие глобального потепления климата по данному парниковому газу. Для сведения: 1 гигавайт (ГВт) = 1 млрд Вт.

2. Для «дровяной» теплоэлектростанции мощностью 1 млрд Вт-ч были использованы специальные быстрорастущие деревья, которые поглотили из атмосферы в процессе фотосинтеза 1509,1 т CO_2 . В период строительства этой электростанции в атмосферу поступило 2,9 т CO_2 , а в период эксплуатации выделилось 1346,3 т CO_2 . Каким будет результирующее влияние указанной электростанции на парниковый эффект: положительным или отрицательным? Сделайте вывод на основе вычислений.

3. В развитие парникового эффекта большой вклад вносят хлорфторуглероды (фреоны), мировое производство которых к 1990 году составляло 434 615 т. Объем производства этих веществ в США составлял 380 000 т. Вычислите, какая доля (в %) мирового производства фреонов приходилась на США в 1990-е годы? В домашних холодильниках используется 3800 т фреонов, в автомобильных кондиционерах – 54 100 т. Сколько процентов это составляет от общего объема производства этих веществ в США?

Тема 9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

9.1. Принципы рационального использования природных ресурсов

Под *природопользованием* понимают использование природных ресурсов в целях удовлетворения материальных и культурных потребностей общества. Природопользование также рассматривают как науку, разрабатывающую принципы рационального природопользования. В свою очередь, под рациональным природопользованием видят хозяйственную деятельность человека, обеспечивающую экономное использование природных ресурсов и условий, их охрану и воспроизводство с учетом не только настоящих, но и будущих интересов общества.

Основоположником науки считают Ю.Н. Куражковского. По Ю.Н. Куражковскому, задачи природопользования как науки сводятся к следующему:

- 1) разработке общих принципов осуществления всякой деятельности, связанной с непосредственным использованием природы и ее отдельных ресурсов;
- 2) изучению последствий наносимых природе хозяйственной деятельностью;
- 3) оптимизации взаимоотношений человеческого общества и природы.

Природопользование как область знания включает в себя элементы естественных, общественных и технических наук. Фундаментом рационального природопользования является наука о взаимоотношениях организмов друг с другом и с окружающей средой – экология.

Выделяют следующие цели природопользования (приведено по: Щукин И., 2004):

- рациональное размещение производственных отраслей;
- определение целесообразности использования тех или иных природных ресурсов в зависимости от их свойств;
- организация рациональных взаимоотношений между производственными отраслями при совместном использовании территории и ресурсов;
- обеспечение воспроизводства природных ресурсов;
- комплексный подход в использовании природных ресурсов;

- создание здоровой среды обитания;
- предупреждение загрязнения окружающей среды и ликвидация последствий загрязнения;
- рациональное преобразование природы.

Конечной целью рационального природопользования является обеспечение благоприятных условий для жизни человека при постоянном развитии хозяйства, науки и культуры для удовлетворения потребностей всего человеческого общества. Для достижения данной конечной цели следует соблюдать принципы (правила) природопользования (приведено по: Щукин И., 2004):

1. Правило прогнозирования: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться на основе предвидения и максимально возможного предотвращения негативных последствий природопользования.

2. Правило повышения интенсивности освоения природных ресурсов: использование природных ресурсов должно производиться на основе повышения интенсивности освоения природных ресурсов, в частности с уменьшением или устранением потерь полезных ископаемых при их добыче, транспортировке, обогащении и переработке.

3. Правило множественного значения объектов и явлений природы: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом интересов разных отраслей хозяйства.

4. Правило комплексности: использование природных ресурсов должно реализовываться комплексно, разными отраслями народного хозяйства.

5. Правило региональности: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом местных условий.

6. Правило косвенного использования и охраны: использование или охрана одного объекта природы может приводить к косвенной охране другого, а может приносить ему вред.

7. Правило единства использования и охраны природы: охрана природы должна осуществляться в процессе ее использования. Охрана природы не должна быть самоцелью.

8. Правило приоритета охраны природы над ее использованием: при использовании природных ресурсов должен соблюдаться приоритет экологической безопасности над экономической выгодностью.

Различают три вида природопользования: отраслевое, ресурсное и территориальное. При отраслевом природопользовании осуществляется использование природных ресурсов в пределах одной производственной отрасли. При ресурсном природопользовании перерабатывают один природный ресурс. Территориальное природопользование предполагает использование природных ресурсов в пределах какой-то конкретной территории.

Окружающая человека среда в современном обществе подразделяется на природные ресурсы и природные условия.

Природные ресурсы – элементы природы, необходимые человеку в его жизнедеятельности и вовлекаемые им в производственный процесс (воздух, вода, почва, климат, полезные ископаемые, флора, фауна).

Природные условия – элементы природы, влияющие на жизнедеятельность человека, но не вовлеченные в материальное производство. Со временем, природные условия могут становиться природными ресурсами.

Существует несколько классификаций природных ресурсов.

Так, по источникам и местоположению ресурсы подразделяют на энергетические, водные, климатические, флористические и фаунистические.

По использованию ресурсы делят на сельскохозяйственные и промышленные (производственные), научные, бальнеологические, эстетические и прочие

По принципу использования ресурсы подразделяют на реальные и потенциальные.

По принципу заменимости выделяют заменимые (энергоресурсы) и незаменимые (атмосферный воздух, биоразнообразие).

По принципу возобновимости и исчерпаемости все ресурсы можно подразделить на исчерпаемые (невозобновимые и возобновимые) и неисчерпаемые.

Последнюю классификацию рассмотрим более подробно. Итак, к исчерпаемым природным ресурсам относятся те ресурсы, количество которых ограничено. Невозобновимыми считаются природные ресурсы, количество которых по мере увеличения хозяйственной деятельности сокращается и в дальнейшем не восстанавливается. Это каменный и бурый уголь, нефть и газ. По большому счету в эту группу можно отнести и те из ресурсов, которые способны к восстановлению, но оно происходит значительно мед-

леннее, чем растет их использование, это болотные руды, торф и известняк. Возобновимыми природными ресурсами считаются те, которые по прошествии времени восстанавливаются. Это почва, животный и растительный мир. Однако на восстановление почвы уходит до 450 лет, а некоторые малочисленные виды растений и животных вообще со временем могут перейти в разряд невозобновимых природных ресурсов. Неисчерпаемыми природными ресурсами следует считать те ресурсы, количество которых не ограничено. Это морские и пресные воды, воздух, солнечная энергия, климатические ресурсы. Однако сегодня каждому понятно, что например, чистого воздуха становится все меньше и меньше, впрочем то же самое относится и к чистым пресным водам. Другими словами, исчерпаемо качество неисчерпаемых природных ресурсов.

Антропогенные круговороты веществ в отличие от природных разомкнуты, сопровождаются большим расходом природных ресурсов и большим количеством отходов, вызывающих загрязнение окружающей среды. Даже самые совершенные очистные сооружения не решают эту проблему. Поэтому возникает необходимость в разработке безотходных технологий. Однако это по-видимому невозможно. Но есть возможность создать такие технологии, которые делали бы антропогенный круговорот более замкнутым. Итак, малоотходные технологии – такой способ производства, который обеспечивает максимально эффективное использование сырья энергии, с минимумом отходов и потерь энергии. Малоотходные технологии включают:

- 1) рециркуляцию – повторное использование материальных ресурсов, позволяющее экономить сырье и энергию;
- 2) разработку бессточных систем и водооборотных циклов на основе очистки сточных вод;
- 3) создание новых видов продукции, которую можно использовать повторно;
- 4) создание новых производственных процессов, позволяющих сократить те технологические стадии, на которых происходит образование отходов.

Сегодня среди малоотходных технологий используются методы биотехнологии. Биотехнология включает методы и приемы получения полезных для человека продуктов, явлений и эффектов с помощью живых организмов (микроорганизмов).

9.2. Особо охраняемые природные территории (ООПТ)

Система ООПТ

В настоящее время наибольшую опасность для природных экосистем представляет хозяйственная деятельность человека. Уже в XIX веке встал вопрос о необходимости изъятия из хозяйственного использования отдельных участков естественной растительности, чтобы сохранить живущие там виды растений, животных и целых природных ландшафтов. Так появилась идея охраняемых территорий. Выделяют следующие ранги охраняемых территорий: заповедники, заказники, национальные парки, памятники природы и т.п.

Заповедники – территории, полностью изъятые из хозяйственного использования, с ограниченным доступом посетителей. В заповедниках проводят научные исследования, следят за состоянием природы, ведут просветительскую работу. Территория заповедника – эталон нетронутой дикой природы. Под заповедники стараются выделить местности с наиболее характерными сообществами и наибольшим видовым разнообразием. Так, в заповеднике «Кедровая падь» представлено почти 50% видов растений Дальнего Востока. Большие по площади заповедники охватывают все разнообразие естественных растительных сообществ той или иной зоны. Наиболее крупными по площади заповедниками в России являются: Кроноцкий заповедник (Камчатка) – 960 тыс. га; Алтайский – 870 тыс. га; Печоро-Илычский – 721 тыс. га. Однако есть совсем небольшие по площади заповедники, например, в Московской области – Приокско-Тerrasный – 500 га. В небольших заповедниках охраняются редкие и особо ценные виды и сообщества. Схема строения заповедника такова: в центре – ядро (абсолютно охраняемая территория), вокруг нее – буферная зона (охраняемая территория, на которой частично ограничена хозяйственная деятельность), далее зона обычного, но строго рационального хозяйственного использования территории. Особую категорию составляют биосферные заповедники. Их начали создавать с 1973 года по решению ООН в рамках Международной научной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера». На сегодняшний день в мире существует 300 биосферных заповедников. Цель биосферных заповедников состоит в том, чтобы проследить, как меняется дикая природа под влиянием хозяйственной деятельности человека, установить допустимые пределы этой деятельности и прогнозировать вероятные изменения природы в буду-

щем. Всемирная сеть биосферных заповедников охватывает все основные зоны Земли. К 1995 году в России организовано 18 биосферных заповедников. Среди них лесные – Центральнолесной, Окский и Приокско-террасный; лесостепной – Воронежский; степной – Центрально-черноземный; горные – Кавказский и Сихоте-Алинский. На Камчатке – Кроноцкий; на Кольском полуострове – Лапландский; в дельте Волги – Астраханский; на Урале – Печеро-Илычский; в Сибири – Центрально-Сибирский и Саяно-Шушенский, Байкальский и Баргузинский (приведено по Былова А.М., Шорина Н.И., 1999; Вронский В.А., 1996). Первые заповедники в Свердловской области созданы в 1946 году. Это Висимский и «Денежкин Камень» (впоследствии они были реорганизованы, и вновь утверждены в данном статусе в 1970-е годы).

Заказники – участки природных территорий, в пределах которых (временно или постоянно) запрещены отдельные виды и формы хозяйственной деятельности человека для обеспечения охраны одного или нескольких ценных объектов живой природы или живописных типов ландшафтов. В России в настоящее время около 3000 заказников, расположенных на площади около 40 млн га. Заказники могут быть различного назначения: охотничьи, ботанические, геологические, гидрологические, зоологические, ландшафтные и др. В России система заказников широко используется в охотничьем хозяйстве как средство для увеличения численности промысловых животных. Аналогично заказники служат в качестве сырьевой базы для выращивания лекарственных растений. Срок существования заказника республиканского заказника – 10 лет, местного – 5 лет (при необходимости он может быть увеличен). Среди заказников Свердловской области озеро Исетское, озеро Таватуй, Ивдельские скалы, массив горы Шунут-Камень, болота Пышминское и Еланское, Черноисточинский пруд, долина реки Серги, гора Старик-Камень, Волчихинское водохранилище и др.

Национальные парки решают задачи не только охраны природы и контроля за ее состоянием, но и оздоровления, отдыха людей. Научно-исследовательская работа и пропаганда природоохранных знаний – важнейшие формы деятельности национальных парков. На их территории разрешен организованный отдых. Среди них: под Москвой – «Лосиный остров»; на Кавказе – «Сочинский»; на Урале – «Припышминские боры» (национальный парк) и «Оленьи ручьи» (природный парк).

Памятники природы – территории, создаваемые для охраны какого-то отдельного природного явления (рощи, озера, пещеры, отдельно стоящего дерева и т.п.). Часто к памятникам природы относят искусственную растительность и архитектурные сооружения (усадебные, парки, пруды). Выделяют следующие памятники природы: ландшафтные, комплексные, ботанические, геологические и геоморфологические, гидрологические и пр.

В настоящее время в Красноярском крае (без Таймырского и Эвенкийского автономных округов) действующие ООПТ федерального значения занимают площадь 1649,78 тыс. га. К ним относятся заповедники «Столбы», «Саяно-Шушенский», «Центрально-Сибирский», национальный парк «Шушенский бор», курорт «Красноярское Загорье», эколого-этнографический заказник «Елогуйский». Действующие ООПТ краевого значения включают в себя 21 государственный природный заказник, 60 памятников природы, пригородную зеленую зону г. Красноярска, ботанический сад им. Вс.М. Крутовского, биологическую станцию «Караульная», 2 курорта и 4 лечебно-оздоровительных местности.

На территории ООПТ активно проводятся работы по экологическому мониторингу.

9.3. Основы экономики природопользования

Экономика природопользования занимается оценкой природных ресурсов и ущербов от загрязнения среды. В задачи экономики природопользования входит:

- экономическая оценка природных ресурсов (определение общественной полезности или денежное выражение народно-хозяйственной ценности). Оценка природных ресурсов может быть и внеэкономической. Последняя предполагает определение экологической, здравоохранительной, социальной (моральной и культурной), религиозно-культурной и иной ценности природного ресурса;

- определение экономического ущерба в результате нерационального природопользования. Под ущербом понимают фактические или возможные экономические и социальные потери в результате изменения природной среды под воздействием хозяйственной деятельности человека. Ущерб может быть исчислимыми (экономическими), например, потери сырья, топлива и материалов в связи с выбросами, и условно-исчислимыми (социальными и экологиче-

скими), например, эстетический ущерб при деградации ландшафта или экологический ущерб в связи с потерей красивоцветущего вида растения;

- выбор наиболее эффективных вариантов использования природных ресурсов и природоохранной деятельности, оценка абсолютной и относительной эффективности природоохранных затрат. Под эффективностью природопользования понимают эколого-социально-экономическую результативность использования природных ресурсов и эксплуатации природной среды;

- разработка экономических методов управления природоохранной деятельностью и материального стимулирования охраны окружающей среды предполагает эколого-социально-экономическую результативность проведения тех или иных природоохранных мероприятий.

Затраты на природоохранную деятельность должны быть такими, чтобы ущерба не возникало вообще. Расчет экономического эффекта природоохранных мероприятий основывается на сопоставлении затрат на их осуществление с экономическим результатом, достигнутым благодаря этим мероприятиям. Этот результат выражается величиной ликвидированного или предотвращенного экономического ущерба от нарушения или потерь ресурса. Разность между результатом и затратами характеризует экономический эффект (приведено по: Щукин И., 2004).

Законом РФ «Об охране окружающей природной среды» (ст. 20) предусмотрено два вида платежей за ресурсы природы за право пользования природными ресурсами; загрязнение окружающей природной среды.

Тем же законом предусматривается три вида платы за загрязнение:

- выбросы, сбросы вредных веществ в пределах установленных лимитов;

- выбросы, сбросы вредных веществ сверх установленных норм либо без разрешения компетентных органов;

- плата за размещение отходов.

Платежи за выбросы и размещение отходов производятся за счет себестоимости продукции, а платежи за превышение лимитных загрязнений – за счет прибыли, которая остается в распоряжении предприятия-загрязнителя. Система мер по восстановлению и оздоровлению окружающей среды, денежная оценка природного

ресурса определяются на основе кадастров природных ресурсов (сводов экономических, экологических, технических показателей, которые характеризуют количество и качество природного ресурса, а также состав и категории природопользователей этого ресурса). Существует земельный, водный, лесной, и другие кадастры.

Экологическая экспертиза – оценка уровня возможных негативных воздействий намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую природную среду, природные ресурсы и здоровье людей, то есть оценка хозяйственных и иных проектов на предмет их соответствия экологической безопасности и системе рационального природопользования.

Экологический аудит – оценка степени экологичности конкретного производства и разработка рекомендаций его перестройки для снижения экологических налогов, платы за ресурсы, стимулирование привлечения инвестиций государства или частного капитала. Позволяет повысить рентабельность предприятия. Результатом экологического аудита может стать *экологический паспорт предприятия*.

9.4. Экозащитные технологии

Основные направления инженерной защиты окружающей среды от загрязнения и других видов антропогенных воздействий – внедрение ресурсосберегающих, малоотходных технологий, биотехнологии, утилизации и детоксикации отходов и главное – экологизация всего производства, при котором обеспечивалось бы включение всех видов взаимодействия с окружающей средой в естественные циклы круговорота веществ.

Эти принципиальные направления основаны на цикличности материальных ресурсов и заимствованы у природы, где, как известно, действуют замкнутые циклические процессы. Технологические процессы, в которых в полной мере учитываются все взаимодействия с окружающей средой и приняты меры к предотвращению отрицательных последствий, называют экологизированными.

Подобно любой экологической системе, где вещество и энергия расходуются экономно и отходы одних организмов служат важным условием существования других, производственный экологизированный процесс, управляемый человеком, должен следовать биосферным законам, и в первую очередь, закону круговорота веществ.

Другой путь, например, создание всевозможных, даже самых совершенных очистных сооружений, не решает проблему, так как это борьба со следствием, а не с причиной. Основная причина загрязнения биосферы – это ресурсоемкие и загрязняющие технологии переработки и использования сырья. Именно эти, так называемые традиционные технологии приводят к огромному накоплению отходов и необходимости очистки сточных вод и утилизации твердых отходов.

В комплекс мероприятий по сокращению до минимума количества вредных отходов и уменьшению их воздействия на окружающую природную среду входят:

- разработка различных типов бессточных технологических систем и водооборотных циклов на основе очистки сточных вод;
- разработка систем переработки отходов производства во вторичные материальные ресурсы;
- создание и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного ее использования;
- создание принципиально новых производственных процессов, позволяющих исключить или сократить технологические стадии, на которых происходит образование отходов.

В последние годы все больший интерес проявляется к биотехнологическим процессам, основанным на создании необходимых для человека продуктов, явлений и эффектов с помощью микроорганизмов.

Применительно к охране окружающей природной среды биотехнологию можно рассматривать как разработку и создание биологических объектов, микробных культур, сообществ, их метаболитов и препаратов путем включения их в естественные круговороты веществ, элементов, энергии и информации.

Биотехнология нашла широкое применение при решении следующих вопросов:

- утилизация твердой фазы сточных вод и твердых бытовых отходов с помощью анаэробного сбраживания;
- биологическая очистка природных и сточных вод от органических и неорганических соединений;
- микробное восстановление загрязненных почв, получение микроорганизмов, способных нейтрализовать тяжелые металлы в осадках сточных вод;
- компостирование (биологическое окисление) отходов растительности (опада листьев, соломы и др.);

- создание биологически активного сорбирующего материала для очистки загрязненного воздуха.

Нормирование качества окружающей среды

В основу всех природоохранных мероприятий положен принцип нормирования качества окружающей среды. Этот термин означает установление нормативов (показателей) предельно допустимых воздействий человека на окружающую среду.

Соблюдение экологических нормативов, т.е. нормативов, которые определяют качество природной среды, обеспечивает:

- экологическую безопасность населения;
- сохранение генетического фонда человека, растений и животных;
- рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития.

Чем меньше пороговая величина экологических нормативов, тем выше качество окружающей среды. Однако более высокое качество требует больших затрат, эффективных технологий и высокочувствительных средств контроля. Поэтому нормативы по мере подъема уровня развития общества имеют тенденцию к ужесточению.

Основные экологические нормативы качества и воздействия на окружающую среду:

санитарно-гигиенические:

- предельно допустимая концентрация вредных веществ (ПДК);
- предельно допустимый уровень физических воздействий (шума, вибрации, ионизирующих излучений и др.);

производственно-хозяйственные:

- допустимый выброс вредных веществ;
- допустимый сброс вредных веществ;
- допустимое изъятие компонентов природной среды;
- норматив образования отходов производства и потребления;

комплексные показатели:

- допустимая антропогенная нагрузка на окружающую природную среду;
- экологическая емкость территории.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – количество загрязнителя в почве, воздушной или водной среде, которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. В последнее время при определении ПДК учитывается не только сте-

пень влияния загрязнения на человека, но и на диких животных, растения, грибы, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

Для нормирования содержания вредного вещества в атмосферном воздухе установлены два норматива – разовый и среднесуточный ПДК. Максимально разовая предельно допустимая концентрация (ПДК м.р.) – такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна вызывать при вдыхании его в течение 30 минут рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др). Среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК с.с.) – такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) воздействии.

При содержании в воздухе нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), например, диоксидов серы и азота; озона, и формальдегида, сумма их концентраций не должна превышать при расчете единицы:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n < 1,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации вредных веществ в воздухе или воде;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – максимально разовые предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые установлены для их изолированного присутствия, мг/м³.

Установлены также предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий.

Допустимый выброс или сброс – максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается выбрасывать данному конкретному предприятию в атмосферу или сбрасывать в водоем, не вызывая при этом превышения в них предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

Нормативами установлено, что если в воздухе городов или других населенных пунктов, где расположены предприятия, концентрации вредных веществ которых превышают ПДК, а выбросы вредных веществ по объективным причинам не могут быть снижены, вводится поэтапное снижение выброса вредных веществ до значений, обеспечивающих ПДК. При этом могут быть установлены временно согла-

сованные выбросы (ВСВ) на уровне выбросов предприятий с наиболее совершенной или аналогичной технологией.

Основным комплексным нормативом качества окружающей среды является допустимая норма антропогенной нагрузки.

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки (НДАН) на окружающую среду – максимально возможные антропогенные воздействия на природные ресурсы или комплексы, не приводящие к нарушению устойчивости экологических систем. Различают региональные и отраслевые НДАН.

Для оценки общей устойчивости экосистем к антропогенным воздействиям используют следующие показатели:

- 1) запасы живого и мертвого органического вещества;
- 2) эффективность образования органического вещества или продукции растительного покрова;
- 3) видовое и структурное разнообразие.

Потенциальная способность природной среды перенести ту или иную антропогенную нагрузку без нарушения основных функций экосистем определяется термином «емкость природной среды», или «экологическая емкость территории».

Регулирование качества природной среды должно начинаться с определения нагрузок, допустимых с экологической точки зрения, а региональное природопользование должно соответствовать экологической «выносливости» территории.

Основные направления защиты атмосферы

Основные методы по защите атмосферы направлены на ограничение содержания вредных веществ в рабочей зоне предприятия и в населенных пунктах на уровне ПДК.

Контроль атмосферного воздуха осуществляется с целью установления соответствия его состава и содержания компонентов требованиям охраны окружающей среды и здоровья человека. Контролю подлежат все источники образования загрязнений, поступающих в атмосферу, их рабочие зоны, зоны влияния этих источников на окружающую среду (воздух населенных пунктов, мест отдыха).

Экозащитная техника и технологии защиты атмосферы

Любой промышленный газ, отличающийся по своему составу от атмосферного воздуха, должен быть разбавлен до такого состояния, чтобы исключить негативное воздействие на природную среду и здоровье населения. Особенно это относится к промышленным газам, токсичным веществам. Для них разбавление должно быть доведено

до такого уровня, чтобы приземная концентрация не превышала их допустимых значений. Добиться этого можно путем организации технологического процесса, решающего идею экологически чистого производства, рассеивания вредных веществ с помощью дымовых труб, очистки газов от вредных веществ с помощью пылеуловителей, газопромывателей и других устройств для улавливания загрязнителей.

Два последних способа являются универсальными, выбор того или иного определяется характеристиками физико-химических свойств загрязнителей.

Защита атмосферы от выбросов наиболее эффективно достигается путем очистки загрязненных газов в специальных аппаратах. В основе работы таких аппаратов используются закономерности различных физико-механических и физико-химических процессов. Очистка газов от пыли часто проводится группой из нескольких последовательно работающих аппаратов (сначала грубая очистка от крупных фракций, затем более тонкая очистка). Требование, которое должно быть выполнено при организации параллельно работающих пылеуловителей, заключается в том, чтобы пылеуловители имели одинаковые аэродинамические характеристики.

Защита гидросферы

В последние годы существенно обострились проблемы, связанные с загрязнением воды. Чистая вода становится поистине дефицитнейшим веществом.

Качество природных вод определяется взаимодействием атмосферных осадков и почвогрунтов, формирующих водосборы рек и озер.

Показатели качества воды и их контроль

Качество воды – совокупность физических, химических, биологических показателей, обуславливающих пригодность воды для использования в промышленном производстве и быту.

Различают следующие показатели качества воды: физические, химические, биологические (микробиологические).

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_в) – концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни, на здоровье последующих поколений и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей ($ПДК_{вр}$) – концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

Нормирование качества воды состоит в установлении для воды водного объекта совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечиваются здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

Индекс качества воды – обобщенная числовая оценка качества воды по совокупности основных показателей для конкретных видов водопользования.

Экозащитная техника и технология защиты гидросферы

Защита гидросферы организована в России с учетом особенностей поступления в водные объекты примесей и включает регулирование:

- поверхностного стока на водосборе;
- качества сточных вод;
- качества воды в объектах.

Обеспечение требуемого качества вод осуществляется процессами подготовки и очистки. Подготовка воды включает процессы коагулирования, предварительную очистку, фильтрацию, обеззараживание, дезодорацию и удаление токсичных веществ. Очистка сточных вод производится деструктивными методами, основанными на разрушении примесей, и регенеративными методами, основанными на извлечении и последующей утилизации содержащихся в воде ценных компонентов.

Для очистки сточных вод используют механические, физико-химические, химические, термические, биологические методы. Выбор метода определяется характеристиками загрязнений, их концентрацией, физическими и химическими свойствами, а также требованиями эффективности очистки сбросов. Если совместно используются все методы, то такой способ очистки называется комбинированным.

Защита литосферы

Защита литосферы предусматривает борьбу с физическими, химическими и биологическими воздействиями:

- выпадение кислотных атмосферных осадков, осаждение пылей, фильтрация загрязненных сточных вод;

- сельскохозяйственная деятельность (физическое нарушение почв, химическое воздействие ядохимикатами и удобрениями);
- нарушение ландшафтов при добыче полезных ископаемых, строительстве, мелиорации;
- физическое, химическое, биологическое и радиационное загрязнение отходами производства и потребления.

Отходы производства и потребления являются чрезвычайно сильными загрязнителями окружающей природной среды. Большая часть образуемых отходов предназначена для хранения и захоронения, чем наносится существенный ущерб литосфере.

Технологии размещения отходов

Размещение отходов может осуществляться локально и централизованно. Локальное размещение предполагает их хранение в зоне действия отходобразующей установки. При централизованном размещении отходов для их сброса и транспортировки создаются специальные службы. Обычно сначала осуществляются сброс и транспортировка отходов на централизованный участок по приемке, обслуживающий определенную территорию. После этого отходы поступают на объект размещения.

Зона локального размещения и централизованный участок приемки отходов являются местами временного размещения, представляющими собой специально выделенные и соответствующим образом оборудованные площадки. Они являются первым этапом деятельности обращения с отходами производства и потребления.

Технологии обезвреживания и утилизации отходов

В настоящее время известно более 20 методов обезвреживания и утилизации твердых отходов. По своим целям они делятся на ликвидационные (решение санитарно-гигиенических задач и обезвреживания) и утилизационные (обезвреживание отхода для последующего использования в качестве вторичного ресурса). Ликвидационные методы включают биолого-механические (складирование на полигонах), термические (сжигание), биологические (компостирование). Утилизационные методы осуществляются с применением соответствующих технологий переработки отходов в конечный полезный продукт.

Биолого-механическая обработка включает операции дробления, измельчения, укладки отходов на карты полигона, покрытие слоем культурного грунта и последующее биологическое разрушение отходов в процессах анаэробной ферментации с получением биогаза.

9.5. Основы экологического права

Экологическое право – совокупность эколого-правовых норм, регулирующих экологические отношения в сфере взаимодействия общества и природы с целью охраны окружающей природной среды, предупреждения вредных экологических последствий, оздоровления и улучшения качества окружающей человека природной среды.

Источниками экологического права, образующими экологическое законодательство России, являются следующие документы:

- 1) Конституция РФ;
- 2) законы и иные нормативные акты РФ и субъектов РФ в области природопользования и охраны окружающей среды;
- 3) указы и распоряжения Президента РФ и постановления Правительства РФ;
- 4) нормативные акты министерств и ведомств;
- 5) нормативные решения органов местного самоуправления.

Задачами природоохранного законодательства РФ являются регулирование отношений в сфере взаимодействия общества и природы с целью сохранения природных богатств и естественной среды обитания человека; предотвращение экологически вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности; оздоровление и улучшение качества окружающей природной среды; укрепление законности и правопорядка в интересах настоящего и будущего поколений людей. В основе природоохранного законодательства РФ лежит Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (2002). В законе содержится 16 глав, включающих вопросы основ управления в области охраны окружающей среды; нормирование; оценку воздействий на окружающую среду и экологическую экспертизу; зоны экологического бедствия; экологический мониторинг; ответственность за нарушение законодательства, и т.д.

Несколько ранее были опубликованы законы РФ «Об экологической экспертизе» (1995); «Об особо охраняемых природных территориях» (1995); «Об охране атмосферного воздуха» (1999); «О радиационной безопасности населения» (1995); «Об отходах производства и потребления» (1998); «О недрах» (1992); «О животном мире» (1995) и т.д.

В нашей стране имеются специальные органы, выполняющие природоохранные задачи. В 1988 году был создан Государственный

комитет по охране природы СССР. В 1991 году функции охраны природы передаются в Министерство экологии и природных ресурсов РСФСР, впоследствии переименованное в Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов России. В 2000 году функции по рационализации природопользования и охране окружающей среды переданы Министерству природных ресурсов РФ.

9.6. Мониторинг и охрана окружающей среды

Мониторингом окружающей среды называются регулярные, выполняемые по заданной программе наблюдения природных сред, природных ресурсов, растительного и животного мира, позволяющие выделить их состояния и происходящие в них процессы под влиянием антропогенной деятельности.

Под экологическим мониторингом следует понимать организованный мониторинг окружающей среды, при котором, во-первых, обеспечивается постоянная оценка экологических условий среды обитания человека и биологических объектов (растений, животных, микроорганизмов и т.д.), а также оценка состояния и функциональной ценности экосистемы, во-вторых, создаются условия для определения корректирующих действий в тех случаях, когда целевые показатели экологических условий не достигаются.

В систему мониторинга должны входить следующие основные процедуры:

- выделение (определение) объекта наблюдения;
- обследование выделенного объекта наблюдения;
- составление информационной модели для объекта наблюдения;
- планирование наблюдений;
- оценка состояния объекта наблюдения и идентификация его информационной модели;
- прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения;
- представление информации в удобной для использования форме и доведения ее до потребителя.

Основные задачи экологического мониторинга – наблюдение:

- 1) за источником антропогенного воздействия;
- 2) фактором антропогенного воздействия;
- 3) состоянием природной среды под влиянием факторов антропогенного воздействия и оценка прогнозируемого состояния природной среды.

При разработке проекта экологического мониторинга необходима следующая информация:

- источник поступления загрязняющих веществ в окружающую среду – выбросы загрязняющих веществ в атмосферу промышленными, энергетическими, транспортными и другими объектами;

- сбросы сточных вод в водные объекты;

- поверхностные смывы загрязняющих и биогенных веществ в поверхностные воды суши и моря;

- внесение на земную поверхность и (или) в почвенный слой загрязняющих и биогенных веществ вместе с удобрениями и ядохимикатами при сельскохозяйственной деятельности;

- места захоронения и складирования промышленных и коммунальных отходов;

- техногенные аварии, приводящие к выбросу в атмосферу опасных веществ и (или) разливу жидких загрязняющих и опасных веществ, и т.д.;

- переносы загрязняющих веществ – процессы атмосферного переноса;

- процессы переноса и миграции в водной среде;

- процессы ландшафтно-геохимического перераспределения загрязняющих веществ – миграция загрязняющих веществ по почвенному профилю до уровня грунтовых вод;

- миграция загрязняющих веществ по ландшафтно-геохимическому сопряжению с учетом геохимических барьеров и биохимических круговоротов.

Наблюдения за этими процессами целесообразно проводить периодически на специально выделенной системе пунктов:

- 1) контрольные водосборы – катены – площадки – створы;

- 2) данные о состоянии антропогенных источников эмиссии – мощность источника эмиссии и месторасположение его, гидродинамические условия поступления эмиссии в окружающую среду.

Мониторинг окружающей среды – система наблюдения, оценки и прогнозирования состояния окружающей человека природной среды. Термин «мониторинг» появился перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (июнь, 1972) в дополнение к понятию «контроль». Цель мониторинга – оптимизация отношений человека с природой. В зависимости от степени выраженности антропогенного воздействия различают мониторинг

импактный (в зонах нарушенных деятельностью человека) и фоновый (в естественной ненарушенной среде). В зависимости от масштабов различают глобальный (биосферный), региональный и локальный мониторинг. Глобальный мониторинг осуществляется, как правило, на территориях, получивших статус «биосферных заповедников».

Региональный мониторинг, например, в Сибири выполняется ФГБУ «Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». В пределах Красноярского края вопросами мониторинга также занимается Красноярское государственное бюджетное учреждение «Центр реализации мероприятий по природопользованию и охране окружающей среды Красноярского края». Так, в Красноярском крае имеется 18 стационарных постов загрязненности атмосферного воздуха в 6 крупных промышленных городах: Красноярск, Канск, Назарово, Ачинск, Лесосибирск и Минусинск.

Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха по городам края проводится по 25 вредным веществам. В г. Красноярске осуществляется прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха. ФГБУ «Среднесибирское УГМС» регулярно информирует администрацию г. Красноярска и края, территориальные управления Роспотребнадзора и Росприроднадзора по Красноярскому краю, природоохранную прокуратуру, МЧС и промышленные предприятия краевого центра о возникновении неблагоприятных метеорологических условий (НМУ), способствующих накоплению вредных примесей в атмосферном воздухе, для дальнейшего принятия мер промышленными предприятиями по регулированию выбросов в атмосферу.

Экологический мониторинг включает три направления деятельности:

- 1) наблюдения за факторами воздействия и состоянием среды;
- 2) оценку фактического состояния среды;
- 3) прогноз состояния окружающей среды и оценку прогнозируемого состояния.

Объектами мониторинга могут быть приземный слой воздуха, поверхностные воды, бытовые стоки, радиоактивные излучения, природные экосистемы, отдельные виды редких животных или растений, лесопосадки, атмосфера и т.д. Сейчас выделяют особый раздел мониторинга – биологический мониторинг. Это контроль со-

стояния окружающей природной среды с помощью живых организмов. Главный метод этого мониторинга – биоиндикация. Она включает обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ.

Экологическую безопасность населения должно обеспечивать соблюдение экологических нормативов. Существуют следующие:

- нормативы качества (санитарно-гигиенические):
- предельно-допустимая концентрация вредных веществ (ПДК);
- предельно-допустимый уровень вредных физических воздействий (ПДУ);
- нормативы воздействия (производственно-хозяйственные):
- предельно допустимый выброс вредных веществ (ПДВ);
- предельно допустимый сброс вредных веществ (ПДС).

ПДК – количество вещества в окружающей среде, которое при постоянном или временном воздействии на человека не вызывает изменений здоровья у него или его потомства. ПДК устанавливают на основании комплексных исследований. Рассчитывают ПДК на единицу массы, объема или поверхности. При определении ПДК учитывают степень влияния загрязняющих веществ не только на человека, но и на различных обитателей биоты. Сегодня в России действует 1900 ПДК химически вредных веществ для водоемов; 500 – для атмосферного воздуха; 130 – для почв.

9.7. Глобальные прогностические модели

Выделяют два основных типа экологического сознания: антропоцентризм – основывается на представлениях о «человеческой исключительности», противопоставлении человека природе.

Экоцентризм – основывается на понимании необходимости коэволюции человека и биосферы. Для экоцентризма характерно:

- 1) ориентироваться на экологическую целесообразность, отсутствие противопоставления человека природе;
- 2) восприятие природных объектов как полноправных субъектов, партнеров по взаимодействию с человеком;
- 3) баланс прагматического и непрагматического взаимодействия с природой.

9.8. Международные и межправительственные программы по охране окружающей среды

Международное сотрудничество решает задачи уменьшения экологической опасности и снижения международной напряженности в мире. Среди наиболее известных правительственных и неправительственных природоохранных организаций выделяют следующие:

1. ЮНЕСКО – организация объединенных наций по вопросам образования, науки и культуры, – возглавляет разнообразные программы с 1946 года. Именно ЮНЕСКО организовала в Стокгольме первую международную конференцию по вопросам охраны окружающей среды. Ее результат – межправительственная программа ООН по окружающей среде ЮНЕП, которая координирует усилия по решению наиболее острых проблем разрушения биосферы человеком (опустынивание, деградация почв, исчезновение лесов, загрязнение океана).

2. МАГАТЭ – международное агентство по атомной энергии – способствует более широкому использованию атомной энергии, контролирует соблюдение на АЭС норм ядерной безопасности.

3. ФАО – продовольственная сельскохозяйственная организация Объединенных Наций – содействует улучшению питания и повышению уровня жизни людей, занимается вопросами повышения продуктивности сельского хозяйства, рыбоводства и лесоводства.

4. ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения – усилия направлены на борьбу с особо опасными болезнями. Сотрудники изучают и контролируют влияние на здоровье человека различных видов загрязнений.

5. ГЭФ – Глобальный экологический фонд – содействует выполнению национальных программ перехода к устойчивому развитию.

6. МСОП – международный союз охраны природы и природных ресурсов (создан при ЮНЕСКО) – издает «Красные книги».

7. WWF – Всемирный фонд дикой природы – проводит фундаментальные исследования, учреждает заповедники и организует там режим охраны; финансирует и занимается просветительской деятельностью в сфере охраны природы (приведено по Миркин, Наумова, 2006).

Выделяют следующие направления международного сотрудничества:

- в международных организациях;

- по линии международных конвенций и соглашений;
- на двусторонней основе.

В 1970 году на XVI сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО была принята международная программа «Человек и биосфера» (МАБ). На первом этапе эта программа включала 14 научно-исследовательских направлений по важнейшим проблемам экологии. Вот некоторые из них:

- экологическое воздействие деятельности человека на тропические и субтропические экосистемы;
- экологическое воздействие различных видов землепользования и практики хозяйствования на леса умеренной зоны и Средиземноморья;
- влияние деятельности человека на горные и тундровые экосистемы;
- сохранение природных территорий и содержащегося в них генетического материала;
- изучение загрязнения окружающей среды и его воздействия на биосферу, и т.д.

Ученые более 20 стран (в том числе и СССР) приняли активное участие в разработке 14 актуальных экологических проблем и получили многочисленные экспериментальные данные по антропогенному воздействию на биосферу Земли. В дальнейшем процессе работ, проводившихся по этой программе, более 20 лет стало очевидным, что МАБ должна быть расширена за счет введения четырех новых направлений научных исследований:

- 1) функционирование экосистем при антропогенном воздействии различной интенсивности;
- 2) управление ресурсами, испытывающими антропогенное воздействие, и их восстановление;
- 3) человеческие затраты и использование ресурсов;
- 4) реакция человека на экологические стрессоры, которыми, по мнению, секретаря программы МАБ Б. фон Дроста, необходимо охватить следующие семь экосистем и физико-географических районов Земли:
 - а) городские экосистемы;
 - б) внутриматериковые водоемы и болотные угодья;
 - в) островные и прибрежные экосистемы;
 - г) высокогорные экосистемы;
 - д) умеренные, средиземноморские, бореальные экосистемы;
 - е) аридные и семиаридные территории;
 - ж) тропические и субтропические экосистемы.

Особую роль в этих исследованиях призваны играть биосферные заповедники.

Разработке наиболее острых экологических проблем, стоящих перед человечеством, – ухудшению качества и уменьшению количества пресной воды на земле, загрязнению океана, опустыниванию земель, деградации почв, обезлесиванию и т.д. была посвящена Межправительственная программа-2 ООН по окружающей человека среде (ЮНЕП). Она была предложена на Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде в 1972 году и в 1973 году утверждена решением Генеральной Ассамблеи ООН. В работе программы участвовали ученые из 58 стран, в том числе из республик СССР: России, Белоруссии, Украины.

В 1979 году в Женеве подписана Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Документ стимулировал разработку 5 специализированных программ международного сотрудничества, среди которых: Европейская программа мониторинга переноса воздушных загрязнений; Программа лесного мониторинга; Программа интегрального мониторинга.

В 1982 году Генеральная Ассамблея ООН приняла Всемирную Хартию Природы, принципы которой гласят:

1. Природа должна охраняться, а основные процессы в ней не нарушаться.

2. Генетическое разнообразие на Земле не должно ставиться под угрозу.

3. Принципы охраны природы должны распространяться на всю Землю – на сушу и океан.

4. Все экосистемы и природные ресурсы должны использоваться так, чтобы сохранялась оптимальная устойчивая продуктивность.

5. Природа должна быть застрахована от деградации, связанной с военными действиями.

Угроза быстрого ухудшения экологической обстановки на планете и сокращения биологического разнообразия организмов биосферы широко обсуждалась на Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в 1992 году в Рио-де-Жанейро (Бразилия). В работе конференции приняли участие 178 правительственных делегаций. На конференции был утвержден ряд важных документов, определяющих стратегию реализации устойчивого развития в странах мирового сообщества. Среди них нужно выделить следующие:

1. Конвенция ООН по изменению климата. В ней шла речь о необходимости ограничения выбросов в атмосферу парниковых газов.

2. Конвенция ООН о биологическом разнообразии. В конвенции подтверждаются права государств на свои биологические ресурсы, и возлагается ответственность за их сохранение и устойчивое использование.

3. Конвенция ООН по сохранению лесного покрова планеты.

4. Повестка дня на XXI век. Представляет собой программу по подготовке мирового сообщества к решению тех проблем, с которыми наша цивилизация столкнется, вступая в XXI век.

Устойчивое развитие предполагает, с одной стороны, повышение качества жизни, с другой – обеспечение безопасности жизни, которая в свою очередь предполагает сохранение здоровья населения и качества окружающей природной среды.

В Рио-де-Жанейро был подписан новый международный закон, так называемая «Конвенция о биологическом разнообразии» (*Convention on Biological Diversity – CBD*). К декабрю 1993 года 128 стран ратифицировали Конвенцию, тем самым, взяв на себя обязательства работать над исполнением всех статей закона. В 1997 году число стран, подписавших Конвенцию, достигло уже 162. Среди этих стран была и Россия. Фактически с 1992 года новая концепция биоразнообразия приобрела глобальное значение. Ее целью было сохранить биологическое разнообразие организмов на Земле, включая все растения, животных, грибы и микроорганизмы, населяющие биосферу. Согласно Конвенции под биологическим разнообразием понимается три его составляющие компонента: внутривидовое разнообразие, видовое разнообразие и разнообразие экосистем. Кроме сохранения биоразнообразия среди задач Конвенции для стран-участниц устанавливались еще две: длительное использование на устойчивой основе всех трех компонентов биологического разнообразия, а также, равномерное или справедливое распределение выгод (доходов) от использования генетических ресурсов, включая гарантию доступа к ним, перенос технологий и наличие соответствующих фондов. Одной из особенностей Конвенции по биоразнообразию, отличающих ее от других международных законов, было наличие статей 12 и 13, – имеющих прямое отношение к образованию в области биоразнообразия. Очень важно то, что в статье 12 напрямую связаны исследования и обучение в области экологии, систематики, биогеографии, ботанике и другим направлениям био-

логии. Статья 13 устанавливает для стран-участниц в качестве приоритетной следующую задачу: «осуществлять образование населения и развитие экологического просвещения, через разработку образовательных программ, способствующих усвоению учащимися понятия «биоразнообразия» и осознания ими необходимости сохранения биоразнообразия».

В 2002 году в Йоханнесбурге (ЮАР) состоялся Всемирный форум по устойчивому развитию (World Summit on Sustainable Development – WSSD). В документах Форума наряду с 8 основными задачами, направленными на продвижение идей устойчивого развития, подчеркивалась огромная роль образования и приводилась рекомендация Генеральной Ассамблеи ООН объявить период с 2005 по 2015 год декадой «образования для устойчивого развития». Следует отметить, что еще в 1987 году в Докладе Международной Комиссии по Охране окружающей среды и развитию (МКОСР) было сформулировано определение устойчивого развития, понимаемого как «...развитие, которое удовлетворяет потребностям сегодняшнего дня, не угрожая возможности будущих поколений удовлетворять их потребности в будущем». Это определение послужило основой Концепции «Образование для устойчивого развития», широко используемой сегодня государственными и общественными организациями, а также средствами массовой информации в разных странах мира. Две авторитетные международные организации дали следующие определения этой концепции: «Образование для устойчивого развития – это динамичная концепция, которая открывает новый взгляд на образование, и направлена на то, чтобы дать возможность людям всех возрастов проявить ответственность за создание устойчивого будущего (ЮНЕСКО, 2004)», и «Образование для устойчивого развития стимулирует, вооружает и вовлекает человека и социальные группы в размышления о том, насколько правильно мы живем и работаем, а также принимаем обоснованные решения для создания путей к более устойчивому миру (Комиссия по образованию и коммуникациям Всемирного союза охраны природы – IUCN, 2004).

Принципы перехода к устойчивому развитию России изложены в указе Президента РФ «Концепция перехода РФ к устойчивому развитию». Согласно этому документу в стране должно быть на перспективу обеспечено комплексное и сбалансированное решение социально-экономических проблем при сохранении благоприятной

окружающей среды и природных ресурсов, а также при удовлетворении потребностей настоящих и будущих поколений людей.

Основные направления перехода РФ к устойчивому развитию:

- создание правовой системы перехода к устойчивому развитию, включая совершенствование современной правовой базы и существующего законодательства, экономические механизмы регулирования ООС и рационального природопользования;

- оценка потенциальных возможностей различных экосистем для хозяйственного использования и определения границ допустимого антропогенного воздействия;

- разработка систем стимулирования хозяйственной деятельности и установление ответственности за экологические последствия;

- восприятие биосферы не только как поставщика ресурсов, но как базисного основания жизни, сохранение которого является главным условием функционирования социально-экономической системы;

- пропагандирование идей устойчивого развития, создание системы воспитания и образования для их реализации (приведено по: Трифонов, Селиванова, Мищенко, 2005).

Как же двигаться к устойчивому развитию? Существует семь направлений, трансформация в которых необходима для достижения устойчивого развития:

1. Скорейший переход к стабильной демографической ситуации.

2. Переход к миру без массовой бедности.

3. Использование экологически чистых технологий (нового поколения).

4. Переход к рыночной системе, в которой цены отражают полную экологическую стоимость товара.

5. Переход к «экологически устойчивому» потреблению – использование экологически безопасных продуктов.

6. Изменение в системе управления (поддержка тех компаний, которые производят «экологически чистую продукцию»).

7. Трансформации в культуре и в общественном сознании (рост экологического сознания общества).

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды стало наиболее активным после Стокгольмской конференции (1972). Более 200 разнообразных договоров и соглашений подписано с того времени до наших дней. Важнейшая роль отводится следующим направлениям международного сотрудничества:

1. Базельская конвенция о контроле над трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением (1989).

2. Киотский протокол (1997) важнейшее соглашение, регламентирующее выбросы в атмосферу техногенного углерода, который является одной из причин потепления климата (данный документ создал предпосылки для торговли квотами на выбросы).

3. Монреальский протокол (1987) – регламентирует выбросы в атмосферу газов, разрушающих озоновый слой.

4. Вашингтонская конвенция – СИТЕС (1973) о международной торговле видами дикой флоры и фауны, находящимися под угрозой исчезновения.

5. Рио-92 – конвенция о сохранении биоразнообразия.

В настоящее время футурологи предсказывают разные варианты развития человеческого общества. Начало прогностическим моделям развития цивилизации положила группа ученых, собравшаяся в Риме в 1968 году и получившая название «Римский клуб». С того же года этими учеными начала издаваться серия публикаций под названием «Доклады Римского клуба».

Первый доклад «Пределы роста» был подготовлен в 1972 году под руководством супругов Д. и Д. Медоуз (США). В докладе на результатах моделирования было показано, что при сохранении современных экономических и политических методов промышленный рост и потребление ресурсов и энергии будут продолжать увеличиваться до тех пор, пока не будет достигнут некий предел. Затем произойдет катастрофа. Главными ее причинами является увеличивающийся рост численности населения планеты.

Второй доклад: «Человечество на перепутье» был подготовлен М. Месеровичем и Э. Пестелем (США и ФРГ). В нем авторы выразили мысль о том, что пассивное следование стихийному развитию ведет к гибели, поэтому мир не должен развиваться стихийно. Стихийное развитие увеличивает пропасть между человеком и природой.

Третий доклад: «Перестройка международного порядка» был подготовлен голландским экономистом Я. Тинбергеном, в нем он и его соавторы показывали, что сочетание локальных и глобальных целей возможно.

Четвертый доклад: «Цели для глобального общества» был составлен философом Э. Ласло и освещал два вопроса: в чем заключаются цели человечества и согласны ли мы предпочесть материальному росту развитие духовных человеческих качеств.

«Римский клуб» первым среди остальных перешел от анализа и диагностики ситуации к поиску средств и путей выхода из сложившегося положения вещей и предполагаемого итога развития общества.

В 1991 году была принята Всемирная стратегия охраны природы. Этот документ получил название «Забота о Земле – стратегия устойчивого существования». Стратегия дает основные ориентиры и ставит две задачи: выживание человечества и философское определение смысла жизни человека. В Стратегии также сформулировано понятие «духовности» (приведено по: Щукин И., 2004).

Контрольные вопросы

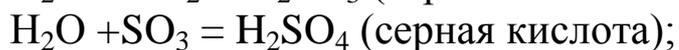
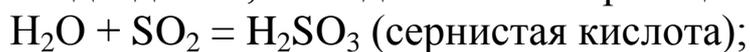
1. В чем проявляется глобальность природоохранных проблем?
2. Обоснуйте справедливость возложения большей доли природоохранных затрат на развитые страны.
3. Какие ресурсы являются международными, какие проблемы возникают при их использовании?
4. Назовите основные направления и формы международного природоохранного сотрудничества.
5. Какие важнейшие международные форумы были проведены, какие документы приняты в сфере охраны окружающей среды?

Лабораторная работа 9. Влияние кислотных осадков на объекты живой и неживой природы

Кислотными называются любые осадки – дожди, туманы, снег, – кислотность которых выше нормальной. К ним также относят выпадение из атмосферы сухих кислых частиц, более узко называемых кислотными отложениями. Кислотные осадки обусловлены присутствием серной (H_2SO_4) и азотной (HNO_3) кислот. Обычно кислотность на две трети состоит из первой и на одну треть из второй, но во многом их соотношение определяется особенностями антропогенного загрязнения атмосферы в конкретном регионе. Присутствие в этих формулах серы и азота указывает на то, что проблема связана с выбросами данных элементов в воздух (рис. 13).

Термин «кислотный дождь» впервые ввел английский химик Роберт Ангус Смит в 1882 году в книге «Воздух и дождь: начало химической климатологии».

Впервые кислотные дожди были отмечены в Скандинавии. Потом они появились на северо-востоке США. Сейчас эта проблема существует во всем индустриальном мире. Рыба исчезла из многих озер. Поверхность каменных и бетонных домов, мраморных статуй разъедена. Сельскохозяйственные культуры замедляют рост, а леса умирают. Оксиды серы и азота, выбрасываемые электростанциями, заводами и автомобилями, образуют кислоты, понижающие рН дождевой воды до 4-4,5 в ходе основных реакций:



Иногда уровень этих газов в воздухе повышается так, что рН воды достигает 3 (для сравнения: рН 4-4,5 – кислотность апельсинового сока, рН 3 – виноградного сока). Кислота разрушает известняк, мрамор, бетон:



Растворимость сульфата кальция выше, чем карбоната. Поэтому разрушаются каменные строения, статуи и монументы, например, греческий Парфенон, веками простоявший без повреждений, сейчас разрушается под действием кислотных дождей. Сульфат-анионы рассеиваются в воздухе и, попадая в легкие, вызывают респираторные заболевания.

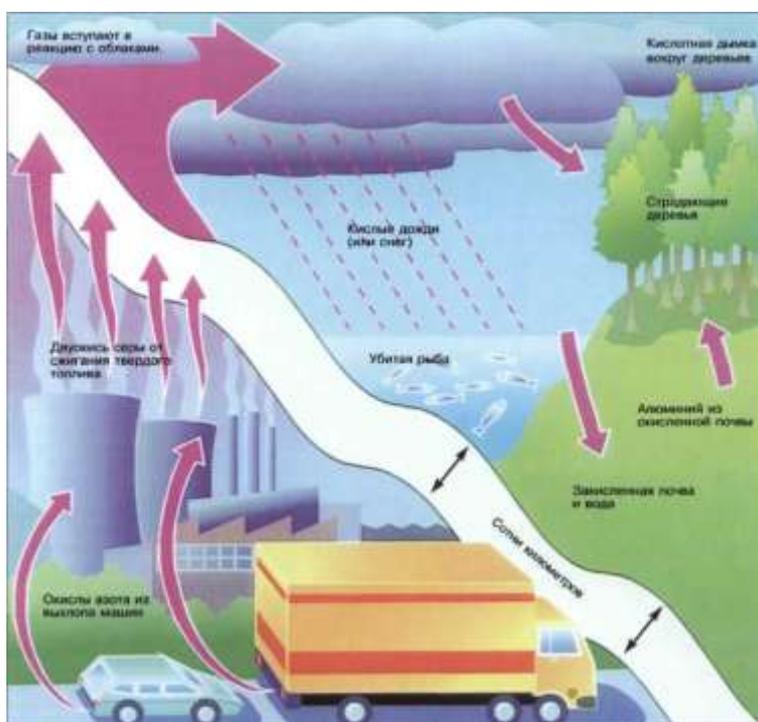


Рисунок 13 – Схема возможных направлений влияния кислотных осадков на окружающую среду

В водоемах, где вода сильно закислена, рыба погибает вследствие непрямого влияния понижения рН на организм.

Уменьшение рН среды по-разному влияет на жизнеспособность различных организмов. При значении рН = 6 гибнут ракообразные, улитки, моллюски, при рН < 5,8-5,9 – лосось, форель, плотва, а также некоторые восприимчивые к кислотному загрязнению насекомые, фито- и зоопланктон. При рН=5,7 и ниже гибнут сиг и хариус. Окунь и щука выдерживают подкисление водоемов до рН=5,1, а угорь и голец – до рН=4,6-4,7. Из приведенных примеров видно, как по-разному влияет кислотность на виды рыб, лишь немногие выживают при рН < 4,5, при этом важно отметить, что даже при вымирании самых чувствительных видов наступает нарушение водных экосистем. При рН > 4,5 бурно развиваются кислотолюбивые мхи, грибы и нитчатые водоросли, а также белый мох сфагнум (в обычных условиях – обитатель суши), водоем начинает заболачиваться. При таком понижении рН в озерах вымирают микроорганизмы, развиваются анаэробные (бескислородные) процессы с выделением метана и сероводорода (Шилов И.А., 1997).

Кислотные осадки оказывают на рыб не только прямое воздействие, но и косвенное – за счет вымывания алюминия и тяжелых металлов из почвы и донных отложений. Поначалу водоемы нейтрализуют избыточную кислоту различными природными карбонатами, содержащимися в осадочных породах. Но если кислоты много, резерв карбонатов в воде быстро расходуется и начинают растворяться оксиды алюминия, также содержащиеся в породах. При рН водоема, равной 4, концентрация ионов Al^{3+} (как и тяжелых металлов) возрастает в тысячи раз. Эти ионы смертельно опасны для рыб. В жабрах, как и в ротовой полости человека, рН слабощелочная (8-8,5). Если же в такой раствор попадают ионы алюминия, то осаждается нерастворимый гидроксид алюминия, который забивает жаберные щели, и рыба задыхается.

В процессе образования кислотных дождей многое остается неясным, например, механизм превращения диоксида серы в триоксид. Кислород, растворенный в воде, окисляет диоксид серы очень медленно. Возможно, реакция ускоряется солнечным светом или такими катализаторами, как железо, марганец или ванадий в частичках сажи.

Назовем еще одно косвенное воздействие кислотных дождей на организм человека. Если повышается кислотность воды водохранилищ, откуда ведется водозабор для городской водопроводной сети, то

в подаваемой воде могут растворяться токсичные металлы самих водопроводных труб и пробок. Таким образом, например, в питьевую воду может поступать свинец, который раньше использовали при строительстве водопроводных систем. С такой водой токсичные металлы могут попадать в организм человека. Не менее важно и то, что деградирующие леса, гибнущие озера, разрушающиеся памятники культуры – это большие эстетические потери для человечества, а также фактор негативного воздействия на эмоционально-психологическое состояние людей.

Цель работы: освоить метод моделирования ситуации, складывающейся при выпадении кислотного дождя; исследовать действие кислотного дождя на растительные и животные организмы, а также образцы строительных материалов (мрамор, гипс).

Оборудование, реактивы, материалы: стеклянная емкость (0,5 л) с крышкой; разбрызгиватель для воды; ложечка для сжигания; сера; спиртовка; микроскоп; предметные и покровные стекла; пипетки; образцы биоты (микроорганизмы – эвглены, коловратки, инфузории; личинки насекомых – коретры, трубочники; моллюски; водоросли; высшие растения; кусочек кожуры яблока; еловая веточка; распутившиеся почки тополя; несколько волосков); абиотические объекты (кусочек мрамора, гипса); чашки Петри.

Ход работы

1. В чашки Петри поместите биотические и абиотические образцы.

2. Заполните наполовину ложечку для сжигания серой. Под тягой зажгите серу в пламени спиртовки, быстро внесите ложечку в банку и закройте большую часть отверстия стеклянной пластинкой. Когда дым заполнит банку, выньте ложечку. Погасите пламя серы несколькими каплями воды из-под крана.

3. Поставьте банку отверстием вниз на чашку Петри с образцом биоты. Понаблюдайте за происходящими изменениями. С помощью разбрызгивателя добавьте в банку несколько мл дистиллированной воды. Быстро введите лакмусовую бумажку и отметьте изменение рН. Проследите за изменениями в образцах биоты, происходящими под действием «кислотного дождя».

4. Проведите наблюдения за микроскопическими объектами. Каплю воды с парameциями, эвгленами и коловратками поместите на предметное стекло под микроскоп. Рассмотрите микроорганизмы, за-

писать наблюдения. Затем добавьте три капли воды из банки на стекло – точно в каплю с культурой. Наблюдайте за поведением организмов. Запишите наблюдения. Аналогичным образом проведите наблюдения над изменениями в неживых образцах.

Задание

Запишите выводы по всем исследованным объектам о действии кислотных дождей на живые и неживые объекты. Укажите наиболее чувствительный объект (экологический маркер) из числа использованных в работе.

Ответьте письменно на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Анализируя рисунок 14, внесите в него недостающие компоненты и ответьте, как отразится на биоценозе водоема воздействие кислотных дождей (образовавшихся с участием SO_2), выпавших в почву.

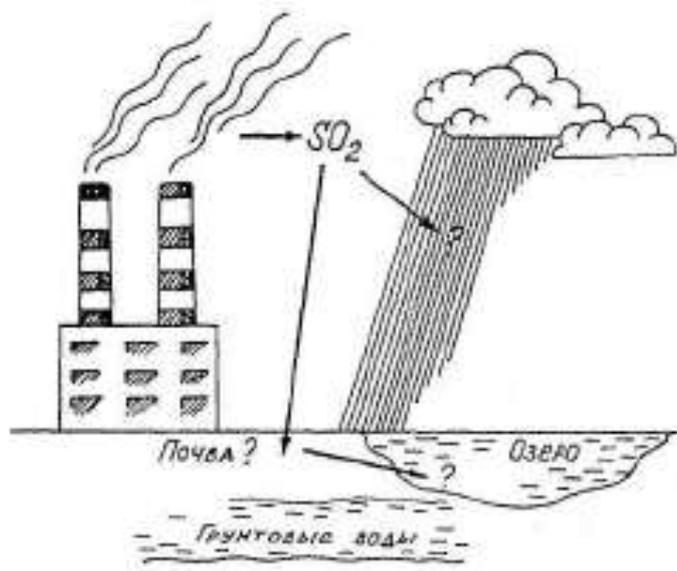


Рисунок 14 – Кислотные осадки

2. Кислотность каких осадков выше: дождя или тумана, и почему?
3. Какие почвы способны нейтрализовать кислотные осадки?
4. Какие мероприятия можно предложить для защиты биосферы от кислотных осадков?

5. Какое воздействие кислая вода оказывает на обитателей водных экосистем?

6. Каков химизм воздействия кислотных осадков на карбонатные строительные материалы?

Задачи

1. Рассчитайте концентрацию ионов H^+ в пробах дождевой воды, взятых для исследования в 2011 году в различных промышленных зонах Красноярска: а) завод «Красфарма» – рН 5; б) ОАО «Красноярский цементный завод» – рН 8. Во сколько раз концентрация ионов водорода в первой пробе больше (или меньше), чем во второй? Какой раствор является кислым?

2. Концентрация ионов H^+ в пробе воды, полученной при таянии снега, собранного около крупной автомагистрали, составила 10^{-6} моль/л, а в другой пробе, собранной около цементного завода, – 10^{-9} моль/л. Рассчитайте рН обеих проб снега и сделайте вывод, можно ли их отнести к кислотным осадкам.

3. Рассчитайте, сколько кг извести потребуется для нейтрализации 15 кг SO_2 , содержащегося в отходящих газах, если очистку проводить известковым методом в скруббере. Предотвращает ли это образование сернокислотных дождей?

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Современное понятие об экологии. Структура экологии.
2. Основные понятия общей экологии: организм, биологический вид, популяция, биоценоз, биогеоценоз, экосистема, биосфера.
3. Основные среды жизни и их характерные отличия.
4. Экологическая валентность (толерантность, эврибионты и стенобионты).
5. Экологическая ниша.
6. Экологический фактор. Классификация экологических факторов.
7. Общие закономерности влияния экологических факторов на организм. Правило оптимума. Закон толерантности. Энергетическая «цена» адаптации.
8. Лимитирующий фактор. Закон лимитирующего фактора. Лимитирующие факторы наземно-воздушной и водной сред.
9. Адаптация. Виды адаптации. Типы адаптивных реакций.
10. Популяция и характерные для нее типы взаимодействий.
11. Численность, плотность и структура популяций.
12. Биоценоз и характерные для него взаимосвязи.
13. Экосистема, ее основные характеристики и роль в круговороте веществ.
14. Геологический и биологический круговорот веществ в биосфере.
15. Составные части экосистемы (биогенные элементы, продуценты, консументы, редуценты).
16. Биотические факторы. Внутри- и межвидовые взаимоотношения. Значение взаимоотношений для регуляции численности популяции.
17. Биотические сообщества: видовая структура. Значение видовой структуры для устойчивости экосистемы.
18. Экологические системы: энергетика и трофическая структура, поток энергии и круговорот веществ.
19. Экологические системы: биологическая продуктивность, первичная и вторичная продукция. Валовая и чистая продукция.

20. Динамика экосистем. Экологические сукцессии. Виды сукцессии. Общие закономерности изменений в ходе сукцессии.
21. Учение о биосфере. Состав и структура биосферы. Функции живого вещества. Границы биосферы.
22. Антропогенные факторы. Виды влияния человека на природную среду.
23. Понятие о загрязнении. Источники и виды загрязнений.
24. Наиболее опасные загрязнения и их глобальные экологические последствия для атмосферы и гидросферы.
25. Влияние физических, химических и биологических загрязнений на организмы.
26. Понятие экологического нормирования и экологического норматива.
27. Причины и последствия возникновения «парникового» эффекта, озоновых «дыр» и кислотных дождей.
28. Причины и последствия загрязнения гидросферы и литосферы.
29. Экосистемы, создаваемые человеком, их характеристика и основное отличие от природных экосистем.
30. Природно-промышленные системы, их структуры и отличия.
31. Природные ресурсы. Классификация. Современное состояние ресурсов биосферы. Принципы рационального природопользования.
32. Экология человека. Биосоциальная природа человека: эволюционные особенности вида, типы адаптаций, наследственность, влияние искусственной среды на эволюцию человека. Особенности роста популяций человека.
33. Экология человека. Отличие антропогенных экосистем от природных. Влияние природно-экологических и социально-экологических факторов на здоровье человека.
34. Классификация и характеристика особо охраняемых природных территорий.
35. Основы экологического права. Источники экологического права. Государственные органы охраны окружающей природной среды. Понятие, виды и составляющие экологического контроля.

36. Государственный экологический контроль. Понятие и принципы экологической экспертизы. Объекты экологической экспертизы. Экологический мониторинг.

37. Эколого-экономический потенциал как максимально допустимая антропогенная нагрузка на природу. Основные пути усовершенствования природоохранной работы на предприятиях пищевой промышленности.

38. Основные пути усовершенствования природоохранной работы на предприятиях пищевой промышленности.

39. Международное сотрудничество в области охраны природы. Объекты международной охраны природы, их классификация. Международные природоохранные соглашения, проекты и программы по вопросам охраны природы.

40. Прогнозирование состояния окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стратегия охраны биосферы от химических загрязняющих веществ в настоящее время предполагает такие мероприятия, как правильное хранение токсичных отходов различных производств, снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду, создание малоотходных и безотходных технологий, строгий контроль при использовании пестицидов и гербицидов, других химических веществ, разумное, экологически оптимальное применение минеральных и органических удобрений.

Рациональное использование природных ресурсов и эффективные меры по охране окружающей среды возможны только на основе знаний законов природы и их разумного применения: от потребительского отношения к природе человек должен перейти к сотрудничеству с ней и соразмерять свою хозяйственную деятельность с возможностями природы. Решение экологических проблем становится успешным лишь при участии широкого круга специалистов, работающих в различных областях науки и техники.

В любой экологической науке специалист сталкивается с необходимостью оценить влияние экологических факторов (природных или порождаемых деятельностью человека) на живые организмы, которые существуют не сами по себе, а организованы в популяции, сообщества и экосистемы. Поэтому он должен знать о том, как реагируют эти разноуровневые биологические системы на влияние различных факторов.

Именно с учетом того, что пользоваться учебным пособием будут студенты с разной направленностью профессиональной подготовки, автор старался сделать его, с одной стороны, достаточно полным и охватывающим весь круг проблем современной общей экологии, а с другой – доступным, избегая математизации описываемых закономерностей и излагая материал на уровне логического описания. Для облегчения усвоения материала студентами (и использования пособия преподавателями) после всех разделов приводятся вопросы для самоконтроля, а после лабораторных работ – задание для самостоятельной работы, контрольные вопросы и задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова, Т.А. Экология / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ, 1998.
2. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества / М. Бигон, Д. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989.
3. Биологический энциклопедический словарь. – М.: Изд-во БРЭ, 1995. – 864 с.
4. Биологический энциклопедический словарь / под ред. М.С. Гилярова. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – 831 с.
5. Блинников, В.И. Зоология с основами экологии / В.И. Блинников. – М.: Просвещение, 1990. – 224 с.
6. Богдановский, Г.А. Химическая экология / Г.А. Богдановский. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 237 с.
7. Большаков, В.Н. Практикум по региональной экологии / В.Н. Большаков, Л.Г. Таршис, В.С. Безель. – Екатеринбург: Сократ, 2003. – 232 с.
8. Бродский, А.К. Общая экология: учебник для студентов вузов / А.К. Бродский. – М.: Академия, 2010. – 256 с.
9. Брукс, Р.Р. Химия окружающей среды / Р.Р. Брукс. – М.: Химия, 1982. – 672 с.
10. Вернадский, В.И. Биосфера / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1967. – 376 с.
11. Воронков, Н.А. Экология: общая, социальная, прикладная / Н.А. Воронков. – М.: Агар, 1999. – 424 с.
12. Вронский, В.А. Прикладная экология / В.А. Вронский. – Ростов-н/Д.: Феникс, 1996. – 512 с.
13. Гальперин, М.В. Общая экология: учебник / М.В. Гальперин. – М.: Форум, 2012. – 336 с.
14. Гиляров, А.М. Популяционная экология: учеб. пособие / А.М. Гиляров. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 191 с.
15. Горышина, Т.К. Экология растений / Т.К. Горышина. – М.: Высш. шк., 1979. – 369 с.
16. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2013 году». – Красноярск, 2014. – 313 с.
17. Грин, Н. Биология / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор. – М.: Мир, 2004.
18. Гринин, А.С. Экологическая безопасность. Защита территории и населения при чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие / А.С. Гринин, В.Н. Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2000.

19. Гурни, К. Парниковый эффект и глобальное потепление / К. Гурни // Химия в России. – 2000. – № 8. – С. 18.
20. Жигальский, О.А. Основы экологии: курс лекций / О.А. Жигальский, О.Р. Белан. – Екатеринбург, 2010.
21. Захаров, В.М. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
22. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 375 с.
23. Коробкин, В.И. Экология / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – Ростов н/Д.: Феникс, 2007. – 602 с.
24. Кривоулицкий, Д.А. Экологическое нормирование на примере радиоактивного загрязнения экосистем / Д.А. Кривоулицкий // Методы биоиндикации окружающей среды в районах АЭС. – М.: Наука, 1988.
25. Культиасов, И.М. Экология растений / И.М. Культиасов. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 379 с.
26. Маврищев, В.В. Общая экология: учеб. пособие / В.В. Маврищев. – М., 2013. – 299 с.
27. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева. – М.: Академия, 2008. – 288 с.
28. Методические указания по определению нитратов в продукции растениеводства, утвержденные агропромом СССР за № 4228/86 от 24.11.86 г. и дополнения к ним. Министерство здравоохранения СССР; Госагропром СССР. – М., 1989.
29. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина [и др.] / под ред. А.П. Шицковой. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.
30. Миркин, Б.М. Основы общей биологии: учеб. пособие / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова; под ред. Г.С. Розенберга. – М.: Университетская книга, 2005. – 200 с.
31. Наумов, Н.П. Экология животных / Н.П. Наумов. – М.: Высш. шк., 1963. – 618 с.
32. Небел, Б. Наука об окружающей среде / Б. Небел. – М.: Мир, 1993. – 336 с.
33. Никаноров, А.М. Экология / А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая. – М.: Изд-во ПРИОР, 2000. – 304 с.
34. Новоженев, Ю.И. Биологическая теория происхождения человека / Ю.И. Новоженев. – Екатеринбург, 1997. – 148 с.
35. Нолтинг, Б. Новейшие методы исследования биосистем / Б. Нолтинг. – М.: Техносфера, 2005. – 256 с.

36. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 741 с.
37. Одум, Ю. Экология / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – 376 с.
38. Петров, К.М. Общая экология (взаимодействие общества и природы) / К.М. Петров. – СПб.: Химия, 1997. – 352 с.
39. Поленов, Б.В. Дозиметрические приборы для населения / Б.В. Поленов – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 64 с.
40. Пономарева, И.Н. Экология / И.Н. Пономарева. – СПб.: Вентана-Граф, 2007. – 272 с.
41. Практикум по экологии: учеб. пособие / С.В. Алексеев, Н.В. Груздева, А.Г. Муравьев. – М., 1996. – 192 с.
42. Пределы роста. Доклад по проекту Римского клуба «Сложные положения человечества» / Д.Х. Медоуз, Д.Л. Медоуз, Й. Рандерс [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 207 с.
43. Радкевич, В.А. Экология / В.А. Радкевич. – Минск, 1997. – 159 с.
44. Рамад, Ф. Основы прикладной экологии / Ф. Рамад. – Л.: Гидрометеозидат, 1981. – 543 с.
45. Ревелль, П. Среда нашего обитания / П. Ревелль, Ч. Ревелль. – М.: Мир, 1994. – 344 с.
46. Реймерс, Н.Ф. Популярный биологический словарь / Н.Ф. Реймерс. – М.: Наука, 1991. – 540 с.
47. Реймерс, Н.Ф. Природопользование / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
48. Реймерс, Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. – М.: Россия Молодая, 1994. – 366 с.
49. Риклефс, Р. Основы общей экологии / Р. Риклефс. – М.: Мир, 1979. – 424 с.
50. Скотт, М. Природа / М. Скотт. – М., 1995. – 160 с.
51. Строкова, Н.П. Методические указания к практическим работам по курсу «Общая экология» / Н.П. Строкова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2003. – 82 с.
52. Татарина, Л.Ф. Биоиндикация загрязненной среды: экологический практикум для студентов и школьников. – М.: Аргус, 1997. – 80 с.
53. Трифонова, Т.А. Прикладная экология: учеб. пособие для вузов / Т.А. Трифонова, Н.В. Селиванова, Н.В. Мищенко. – М., 2005. – 384 с.
54. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие для студентов вузов / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.: Владос, 2001. – 288 с.

55. Физико-химические методы изучения качества пресных вод / под ред. Ю.А. Буйволова. – М.: Экосистема, 1997. – 12 с.
56. Химия окружающей среды: практикум / Т.А.Трифорова, Е.П. Гришина, Н.В. Мищенко [и др.]. – Владимир, 1996. – 56 с.
57. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
58. Чернова, Н.М. Лабораторный практикум по экологии / Н.М. Чернова. – М.: Просвещение, 1986. – 96 с.
59. Чернова, Н.М. Общая экология: учебник для студентов педагогических вузов / Н.М. Чернова, А.М. Былова. – М.: Дрофа, 2007. – 416 с.
60. Чернова, Н.М. Экология / Н.М. Чернова, А.М. Былова. – М.: Просвещение, 1988. – 265 с.
61. Чеснокова, С.М. Химические методы анализа объектов окружающей среды: лаборатор. практикум / С.М. Чеснокова, В.Г. Амелин. – Владимир, 1996. – 60 с.
62. Шилов, И.А. Экология: учебник для вузов / И.А. Шилов. – М.: Высш. шк., 1997. – 512 с.
63. Шилов, И.А. Экология / И.А. Шилов. – М.: Высш. шк., 2000. – 512 с.
64. Щукин, И. Экология для студентов вузов / И. Щукин. – Ростов н/Д.: Феникс, 2004. – 219 с.
65. Экологическое состояние территории России: учебник / В.П. Бондарев, Л.Д. Долгушин, Б.С. Залогин [и др.]. – М.: Академия, 2004.
66. Экология / под ред. проф. В.В. Денисова. – М.: Март, 2006. – 768 с.
67. Экология микроорганизмов: учебник для студентов вузов / под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Академия, 2004. – 272 с.
68. Экология. Природа – Человек – Техника: учебник / под общ. ред. А.П. Кузьмина. – М.: Экономика, 2007. – 510 с.
69. Dunger, W. Neue und bemerkenswerte Collembolenarten der Familie Neanuridae / W. Dunger. – Görlitz, 1974.
70. Odum, E.P. Fundamentals of ecology / E.P. Odum. – Philadelphia, 1971. – 544 p.
71. Raunkiaer, Ch. Plant life forms / Ch. Raunkiaer. – Oxford: Clarendon Press, 1937. – 104 p.

ГЛОССАРИЙ

Абиотические факторы – факторы неорганической (неживой) природы.

Автотрофы – организмы, использующие в качестве источника углерода углекислый газ, то есть организмы, способные создавать органические вещества из неорганических – углекислого газа, воды, минеральных солей (растения и некоторые бактерии). К ним относятся фототрофы и хемотрофы.

Агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы, агроценозы) – искусственные экосистемы, возникающие в результате сельскохозяйственной деятельности человека (пашни, сенокосы, пастбища).

Агроэкология (сельскохозяйственная экология) – раздел прикладной экологии, изучающий влияние факторов среды (биотических и абиотических) на продуктивность культурных растений, а также структуру и динамику сообществ организмов, обитающих на сельскохозяйственных полях, влияние агробиоценозов на жизнедеятельность культивируемых растений. Основы современной агроэкологии разработаны Г. Ацци (1956) и В. Тишлером (1965).

Адаптация – приспособление к среде обитания, выработавшееся у организмов в процессе эволюции.

Адаптации морфологические – изменения в строении организмов. Например, видоизменение листа у растений пустынь.

Адаптации физиологические – изменения в физиологии организмов. Например, способность верблюда обеспечивать организм влагой путем окисления запасов жира.

Адаптации этологические – изменения в поведении организмов. Например, сезонные миграции млекопитающих и птиц, впадение в спячку в зимний период.

Акватория – водное пространство, ограниченное естественными, искусственными или условными границами.

Аллергия – ненормальная, болезненная или извращенная реакция организма на какое-либо вещество-аллерген.

Аллелопатия (антибиоз) – частный случай аменсализма, при котором во внешнюю среду выделяются продукты жизнедеятельности одного организма, отравляя ее и делая непригодной для жизни другого. Распространена у растений, грибов, бактерий.

Альтернативная энергетика – производство энергии, основанное на использовании возобновленных (в отличие от ископаемого то-

плива) энергетических ресурсов, например, гидротермальной, природно-отливной, ветровой и солнечной энергии. Ветровая энергия, то есть механическая энергия ветра, может быть использована ветро-электрическими станциями с КПД около 40%. Мировым лидером по производству электроэнергии за счет силы ветра является Дания (15% от всей производимой энергии). В США работает более 9 тыс. ветровых электроустановок. В России к началу XX века успешно работали более 2500 ветряков общей мощностью около млн кВт, в Германии – 12001 МВт.

Аменсализм – взаимоотношения, при которых один организм воздействует на другой и подавляет его жизнедеятельность, а сам не испытывает никаких отрицательных влияний со стороны подавляемого.

Анабиоз – временное состояние организма, при котором жизненные процессы настолько замедленны, что почти полностью отсутствуют все видимые проявления жизни. Распространен анабиоз у микроорганизмов, грибов, растений и животных; у некоторых из них входит в нормальный цикл развития (семена, споры, цисты).

Анаэроб – организм, способный жить в бескислородной среде; относятся многие бактерии, ресничные инфузории, некоторые черви и моллюски.

Анемохор – растения и грибы, зачатки которых (семена, споры и др.) распространяются ветром. Анемохория – распространение зачатков растений и грибов с помощью ветра.

Антропогенез – происхождение человека, становление его как вида.

Антропогенные факторы – воздействие на окружающую среду человеческой деятельности.

Антропогенный круговорот (обмен) веществ – круговорот (обмен) веществ, движущей силой которого является деятельность человека. По причине незамкнутости антропогенного круговорота его часто называют обменом.

Антропогенный объект – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов.

Антропоцентризм – учение, основанное на представлении о «человеческой исключительности», противопоставлении человека природе.

Ареал – пространство, на котором популяция или вид в целом встречается в течение всей своей жизнедеятельности.

Аутэкология (экология особей, факториальная экология) – раздел экологии, изучающий взаимоотношения особей (организма) с окружающей средой.

Ацидофилы – растения, обитающие на почвах с $pH < 6,7$.

Аэроб – организм, способный жить лишь в среде, содержащей свободный молекулярный кислород; относятся почти все животные и растения, а также многие грибы и микроорганизмы.

Базифилы – растения, обитающие на почвах с $pH > 7,0$.

Безотходная технология – комплексное использование сырьевых и энергетических ресурсов без ущерба для окружающей среды; утилизация отходов производства, применение оборудования для переработки их в товарную продукцию; внедрение бессточных водоборотных систем с очисткой промышленных стоков.

Бенталь – дно океана или моря как среда обитания донных организмов (бентоса).

Бентос – организмы, живущие на дне и в грунте (прикрепленные водоросли и высшие растения, ракообразные, моллюски, морские звезды и др.). Выделяют фитобентос и зообентос.

Биогенное вещество – продукты жизнедеятельности живых организмов: каменный уголь, нефть.

Биогеохимический круговорот (биогеохимические циклы) – часть биологического круговорота, составленная обменными циклами воды, углерода, азота, кислорода, фосфора, серы и других биогенных элементов.

Биогеоценоз – однородный участок земной поверхности с определенным составом живых (биоценоз) и косных (биотоп) компонентов, объединенных обменом веществ и энергии в единый природный комплекс.

Биоиндикаторы – живые организмы, по наличию, состоянию и поведению которых, можно судить об изменении в окружающей среде.

Биоиндикация – обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ.

Биокосное вещество – продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами: почвы, кора выветривания,

все природные воды, свойства которых зависят от деятельности на Земле живого вещества.

Биологическая продукция (продуктивность) – прирост биомассы в экосистеме, созданной за единицу времени. Она делится на первичную и вторичную продукцию.

Биологическое разнообразие – разнообразие живых организмов, а также видов, экосистем и экологических процессов, звеньями которых они являются.

Биологические ресурсы – все живые средообразующие компоненты биосферы: продуценты, консументы и редуценты с заключенным в них генетическим материалом. Они являются источниками получения людьми материальных и духовных благ. К биологическим ресурсам относятся промысловые объекты, культурные растения, домашние животные, живописные ландшафты, микроорганизмы, то есть растительные ресурсы, ресурсы животного мира и др. Особое значение имеют генетические ресурсы.

Биологические ритмы – периодически повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений. Например, суточное движение листьев и лепестков в сторону Солнца, осенние листопады, сезонное одревеснение зимующих побегов, сезонные миграции птиц и млекопитающих и т.д.

Биологические часы организма – эндогенные биологические ритмы, дающие организму возможность ориентироваться во времени и заранее готовиться к предстоящим изменениям среды.

Биологический (биотический) круговорот – круговорот веществ, движущей силой которого является деятельность живых организмов. Главным источником энергии круговорота является солнечная радиация, которая порождает фотосинтез.

Биологическое загрязнение – загрязнение, вызванное загрязнителями биологического происхождения (бактериальные токсины, токсичные метаболиты микроскопических грибов и некоторые токсины морепродуктов). К бактериальным токсинам относится также токсин ботулизма. Микотоксины представлены микроскопическими плесневыми грибами, поражающими зерно, хранящееся в сыром месте, могут попадать в пищу с молоком и мясом животных.

Биологическое разнообразие – в соответствии с Конвенцией о биологическом разнообразии от 5 июня 1992 года это понятие означает вариабельность живых организмов, в том числе входящих в наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические ком-

плексы. Биологическое разнообразие включает в себя видовое разнообразие живых организмов и разнообразие экосистем.

Биом – совокупность различных групп организмов и среды их обитания в определенной ландшафтно-географической зоне (например, в тундре, тайге, степи и т.д.).

Биомасса – масса организмов определенной группы (продуцентов, консументов, редуцентов) или сообщества в целом.

Биосистема – система как целостность, содержащая живые компоненты.

Биосфера – оболочка Земли, состав, структура и свойства которой в той или иной степени определяются настоящей или прошлой деятельностью живых организмов.

Биосферные заповедники – составные части ряда государственных природных заповедников, используемые для фонового мониторинга биосферных процессов.

Биота – исторически сложившаяся совокупность живых организмов, объединенных общей областью распространения. Например, биота тундры, почвенная биота и т.д.

Биотехнология – применительно к охране окружающей человека природной среды, разработка и создание биологических объектов, микробных культур, сообществ, их метаболитов и препаратов путем включения их в естественные круговороты веществ, элементов, энергии и информации. Биотехнология нашла применение:

- при утилизации твердой фазы сточных вод и твердых бытовых отходов с помощью анаэробного сбраживания;

- биологической очистке природных и сточных вод от органических и органических соединений;

- микробном восстановлении загрязненных почв, получении микроорганизмов, способных нейтрализовать тяжелые металлы в осадках сточных вод;

- компостировании отходов растительности;

- создании биологически активного сорбирующего материала для очистки загрязненного воздуха.

Биотические факторы – другие живые организмы, воздействующие на организм.

Биотический круговорот веществ – малый круговорот веществ, возникший с появлением жизни на Земле и осуществляющийся в процессе жизнедеятельности организмов (продуцентов, консу-

ментов, редуцентов), обусловленный синтезом и распадом органических веществ в экосистеме.

Биотический потенциал – совокупность всех факторов, способствующих увеличению численности вида. Если бы не было противодействующих факторов, то действие биотического потенциала всегда приводило бы к популяционному взрыву.

Биотоп – определенная территория со свойственными ей абиотическими факторами среды обитания (климат, почва).

Биоценоз – совокупность популяций разных видов, обитающих на определенной территории.

Биоцентризм – научный подход в природоохранном деле, ставящий превыше всего интересы живой природы (какими они представляются человеку).

Биоцид – пестицид или ядохимикат, токсичный для многих, если не всех организмов.

Биоэкологический потенциал вида – способность вида к расселению и дальнейшей эволюции. Понятие разработано И.К. Пачоским (1925).

Биоэкология – учение о взаимосвязи организма с окружающей его средой.

Благоприятная окружающая среда – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов.

Большой (геологический) круговорот веществ – круговорот веществ, в который вовлечены не только вся биосфера, но и ближайший космос; его амплитудой захвачены слои земной коры. Длится сотни миллионов лет.

Бумеранг экологический – выражение, употребляемое в последнее время для обозначения отрицательных, особо опасных явлений, возникающих в окружающей среде в результате неправильной хозяйственной деятельности человека, которые могут оказаться вредными для самого человека.

Валовая первичная продукция – общая биомасса, созданная растениями в ходе фотосинтеза. Часть ее расходуется на поддержание жизнедеятельности растений – траты на дыхание (40-70%). Оставшаяся часть называется чистой первичной продукцией.

Взрыв популяционный – резкое, многократное, как правило, относительно внезапное увеличение численности особей какого-либо вида, связанных с выключением обычных механизмов ее регуляции.

Взрыв экологический – массовое размножение вида в области, в которую он был завезен случайно, и где не оказалось его естественных врагов.

Вид биологический – совокупность особей, обладающих наследственным сходством морфологических, физиологических и биохимических особенностей, способных к скрещиванию с образованием плодovитого потомства, приспособленных к определенным условиям жизни и занимающих в природе определенную область (ареал).

Видовая структура биоценоза – число видов, образующих данный биоценоз, и соотношение их численности или массы.

Видовое разнообразие биоценоза – число видов в данном сообществе.

Вид отходов – совокупность отходов, которые имеют общие признаки в соответствии с системой классификации отходов.

Викарирующие (замещающие) виды – сходные по экологии, но не родственные виды, способные занимать одни и те же экологические ниши.

Виоленты – виды, подавляющие всех конкурентов (например, деревья, образующие коренные леса).

Водные ресурсы – запасы поверхностных и подземных вод, находящихся в водных объектах, которые используются или могут быть использованы.

Возобновимые природные ресурсы – исчерпаемые природные ресурсы, которые по мере использования постоянно восстанавливаются (животный мир, растительность, почва).

Возрастная структура (возрастной состав) популяции – соотношение в популяции особей разных возрастных групп.

Волны численности (жизни, популяционные) – присущие всем видам периодические изменения численности особей в популяциях, возникающие в результате влияния абиотических и биотических факторов, воздействующих на популяцию, ведущие к изменению интенсивности естественного отбора и к переменам в генетической структуре популяций.

Воспроизводство природных ресурсов – искусственное поддержание природных ресурсов, направленное на их восполнение и увеличение или усиление полезных свойств природных объектов, со-

вокупность научных, организационных, экономических и технических мер.

Вред окружающей природной среде – изменения состояния окружающей природной среды, выразившиеся в загрязнении природы, истощении ресурсов, разрушении экологических систем, нарушении обмена веществ и энергии, гармонического развития общества и природы. Вред включает в себя реальный ущерб и убытки.

Вторичная продукция – биомасса, созданная за единицу времени консументами.

«Второстепенные» виды – малочисленные и редкие в биоценозе виды.

Выживаемость – абсолютное число особей (или процент, от исходного числа особей), сохранившихся в популяции за определенный промежуток времени.

Галофиты – растения засоленных почв.

Гелиофиты облигатные (светолюбивые растения) – растения, обитающие в условиях хорошего освещения.

Гелиофиты факультативные (теневыносливые растения) – растения, способные обитать как в условиях хорошего освещения, так и затенения.

Гелиоэнергетика – получение энергии от Солнца. Имеется несколько технологий солнечной энергетике. Предполагается, что гелиоэнергетика составит в будущем от 5 до 25% всей энергетике мира.

Гемикриптофиты – растения, почки возобновления которых находятся на уровне поверхности почвы, или в самом поверхностном ее слое, часто покрытом подстилкой (большинство многолетних трав).

Генетическая структура популяции – соотношение в популяции различных генотипов и аллелей.

Генофонд – совокупность генов всех особей популяции.

Геобионты – животные, постоянно обитающие в почве, весь цикл развития которых протекает в почвенной среде.

Геоксены – животные, иногда посещающие почву для временного укрытия или убежища.

Геологический круговорот – круговорот веществ, движущей силой которого являются экзогенные и эндогенные геологические процессы.

Геофилы – животные, часть цикла развития которых (чаще одна из фаз) обязательно проходит в почве.

Геофиты – разновидность криптофитов.

Гетеротермные организмы – группа гомойотермных организмов, у которых периоды сохранения постоянно высокой температуры тела сменяются периодами ее понижения при впадении в спячку в неблагоприятный период года (суслики, сурки, ежи, летучие мыши и др.).

Гетеротрофы – организмы, использующие в качестве источника углерода органические соединения, то есть организмы, питающиеся готовым органическим веществом (животные, грибы и большинство бактерий).

Гигрофилы – влаголюбивые организмы.

Гигрофиты – растения влажных местообитаний, не переносящие водного дефицита.

Гидатофиты – водные растения, целиком или большей своей частью погруженные в воду (например, рдест, кувшинка).

Гидробионты – любые организмы, живущие в водной среде.

Гидрофиты – водные растения, прикрепленные к грунту и погруженные в воду только нижними частями (например, тростник).

Глобальная экологическая гласность – право любого гражданина любой страны располагать необходимой ему информацией о состоянии окружающей среды, предполагающее, вместе с тем, его обязанность воспользоваться ею на благо природы и общества. Один из главных путей построения всеобщей (общечеловеческой) экологической культуры – переход от глобальной экологической гласности к глобальному экологическому сознанию. При этом экологическое сознание должно основываться на глубоком экологическом знании.

Глобальная экология – комплексная научная дисциплина, изучающая биосферу в целом. Основы глобальной экологии разработаны М.И. Будыко (1977), который ее центральной проблемой считает круговорот различных веществ в биосфере. Исследование этой проблемы необходимо для решения основной задачи глобальной экологии – разработки прогнозов возможных изменений биосферы в будущем под влиянием деятельности человека. Так как от этого прогноза будет существенно зависеть долгосрочное хозяйственное планирование, связанное с крупными капиталовложениями, очевидно, что он должен обладать высокой достоверностью. Глобальная экология как научная дисциплина находится в стадии формирования, ее границы точно не определены. Одни ученые считают ее разделом общей экологии, другие отождествляют с охраной природы, экологией челове-

ка, третьи (в том числе Будыко М.И., Дедю И.И.) относят к самостоятельной научной дисциплине.

Гомеостаз – состояние внутреннего динамического равновесия природной системы, поддерживаемое регулярным возобновлением ее основных структур, вещественно-энергетического состава и постоянной функциональной саморегуляцией ее компонентов.

Гомойотермные организмы – организмы, способные поддерживать внутреннюю температуру тела на относительно постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды (птицы и млекопитающие).

Государственные природные заповедники – территории и акватории, которые полностью изъяты из обычного хозяйственного использования с целью сохранения в естественном состоянии природного комплекса.

Государственный стандарт (ГОСТ) – нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований, обязательных для исполнения.

Градиентность в экологии – закономерное изменение роста, продуктивности и других функциональных характеристик особей и ценопопуляций в связи с убывающим влиянием какого-либо фактора окружающей среды.

Деградация почв – ухудшение качества почвы в результате снижения плодородия.

Демэкология (экология популяций, популяционная экология) – раздел общей экологии, изучающий структурные и функциональные характеристики, динамику численности популяций, внутривидовые группировки и их взаимоотношения, выясняющий условия, при которых формируются популяции.

Дендрологические парки и ботанические сады – коллекции деревьев, кустарников и трав, созданные человеком с целью сохранения биоразнообразия и обогащения растительного мира, а также в научных, учебных и культурно-просветительных целях.

Депривация экологическая – нарушение экологического равновесия в результате упрощения (по естественным или антропогенным причинам) биологии, сообщества.

Десорбция – процесс удаления с поверхности или из объема сорбента адсорбируемые вещества. Противоположен адсорбции или абсорбции. Десорбция вызывается уменьшением концентрации сор-

бируемого вещества в окружающей сорбент среде или повышением температуры.

Деструкция экосистем – разрушение структуры, стабильности и функционирования экосистем под влиянием естественных и антропогенных факторов.

Детрит – мелкие частицы остатков организмов и их выделений.

Детритные пищевые цепи (цепи разложения) – пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных.

Детритофаги – водные и сухопутные животные, питающиеся детритом вместе с содержащимися в нем микроорганизмами.

Дожди кислые – атмосферные осадки, содержащие серную, азотную и другие кислоты, образующиеся в результате загрязнения атмосферы, окисления серы, азота и других элементов. Отрицательно воздействуют на природу, увеличивая кислотность почв, что приводит к гибели растений. Способствуют загрязнению грунтовых вод, разрушают архитектурные сооружения и т.д.

Доминантные виды – виды, преобладающие в биоценозе по численности.

Емкость среды – количественная характеристика совокупности условий, ограничивающих рост численности популяции.

Естественная экосистема (биогеоценоз) – природная экосистема (биогеоценоз).

Живое вещество – совокупность всех живых организмов, существующих в данный момент. Связано с окружающей средой биогенным током химических элементов путем дыхания, питания и размножения.

Жизненная форма организма – внешний облик (габитус) растений и животных, отражающий приспособленность организмов к абиотическим и биотическим условиям среды. Один и тот же вид растения в разных условиях среды может иметь разные жизненные формы.

Загрязнение атмосферного воздуха – поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормативы качества атмосферного воздуха.

Загрязнение водных объектов – сброс или поступление иным способом в водные объекты, а также образование в них вредных ве-

ществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов.

Загрязнение глобальное (фоново-биосферное) – загрязнение, обнаруживаемое в любой точке планеты далеко от источника (например, накопление пестицидов в яйцах пингвинов в Антарктике).

Загрязнение – привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых (обычно не характерных для нее) вредных химических, физических, биологических, информационных агентов. Загрязнение может возникать в результате естественных причин (природных) или под влиянием деятельности человека (антропогенное загрязнение).

Загрязнитель – любой природный или антропогенный агент, попадающий в окружающую среду или возникающий в ней в количествах, выходящих за рамки естественного фона. Загрязнителем называют также объект, служащий источником загрязнения среды. Используется также английское слово «поллютант» – *pollutant*.

Заказники – территории, создаваемые на определенный срок (в ряде случаев постоянно) для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса. В заказниках сохраняют и восстанавливают плотности популяций одного или нескольких видов животных или растений, а также природные ландшафты, водные объекты и др.

Закон (правило) десяти процентов (пирамиды энергий) – в соответствии с этим законом с более низкого на более высокий трофический уровень переходит в среднем около 10% энергии (если животное потребляет с пищей 100 ккал энергии, то только 10 ккал можно найти сконцентрированным в теле животного, а 90% энергии рассеивается). Например, если калорийность продуцента 1000 Дж, то при попадании в тело фитофага остается 100 Дж в теле хищника уже 10 Дж, а если хищник будет съеден другим, то на его долю останется лишь 1 Дж, то есть 0,1% от калорийности растительной пищи. Среднемаксимальный переход с одного трофического уровня экологической пирамиды на другой, соответствующий 10% энергии (или вещества в энергетическом выражении), как правило, не ведет к неблагоприятным последствиям для экосистемы и теряющего энергию трофическую уровня. Закон пирамиды энергий позволяет рассчитывать необходимую земельную площадь для обеспечения населения продовольствием и делать другие эколого-экономические расчеты. Сред-

немаксимальный переход энергии (или вещества в энергетическом выражении) с одного трофического уровня на другой, составляющий в среднем 10%, может колебаться от 7 до 17%. Эта величина не приводит к неблагоприятным последствиям для экосистемы и поэтому может быть принята как оптимальная для природопользования и хозяйственной деятельности человека. Превышение этой величины может привести к полному исчезновению популяций. Закон пирамиды энергий и правило 10% служат общим ограничением практических целей в природопользовании для хозяйственной деятельности человека. Применительно к природопользованию это значит, что из экосистемы нельзя одновременно (обычно за год) изымать более 10% возобновимого ресурса: из рек – годового стока воды, из лесов – биомассы, из популяций – численности особей и т.п. Повторное изъятие возможно только после восстановления ее до исходных значений. Это правило имеет не абсолютное значение, а применимо только при стандартных ситуациях. В случаях, когда имеется неординарное развитие ситуации, оно неприменимо. Например, при взрыве численности особей в популяциях их можно изымать в несколько раз больше чем 10%, а в период низкой численности или (депрессии) потребление должно быть нулевым.

Закон меры преобразования природных систем – совокупность мер, запрещающих при их эксплуатации переходить некоторые пределы, за которыми теряется их способность к самоподдержанию (самоорганизации и саморегуляции). Несоблюдение закона ведет к опустыниванию современного (холодного) или южного (аридного) типа. В маргинальных и наиболее уязвимых районах коренным преобразованием может быть охвачено не более 1% площади экосистем, находящихся в природно-естественном состоянии. Площадь коренным образом измененных экосистем в наиболее благоприятных условиях может достигать 40%, после чего ущерб возрастает (Реймерс М.Ф., 1994).

Не соблюдая закон оптимальности и вытекающие из него правила меры преобразования природных систем, люди вызывают к жизни правило неизбежных цепных реакций «жесткого» управления природой. Таким образом, из правила меры преобразования природных систем можно прийти к следующим выводам:

1. Единица (возобновленного) ресурса может быть получена лишь в некоторый, определяемый скоростью функционирования систем (и их иерархии) отрезок времени. В течение этого времени нельзя

переходить рубежи ограничений, диктуемых всеми теориями экологии.

2. Перешагнуть через фазу последовательного развития природной системы с участием живого, как правило, невозможно.

3. Рациональное проведение хозяйственных мероприятий возможно лишь в рамках некоторых оптимальных размеров, выход за которые в меньшую и большую стороны снижает их хозяйственную эффективность.

4. Преобразовательная деятельность не должна выводить природные системы из состояния равновесия путем избытка какого-то из средообразующих компонентов. Если это необходимо, то требуется достаточная компенсация в виде относительно непреобразованных природных систем.

5. Преобразование природы дает локальный или региональный выигрыш за счет ухудшения каких-то показателей в смежных местностях или в биосфере в целом.

6. Хозяйственное воздействие затрагивает не только ту систему, на которую оно направлено, но и ее надсистемы, которые в соответствии с принципом Ле Шателье-Брауна «стремятся» нивелировать производимые изменения. В связи с этим расходы на преобразование природы никогда не ограничиваются лишь затратами на непосредственно планируемые воздействия.

7. Природные цепные реакции никогда не ограничиваются изменениями вещества и энергии, но затрагивают динамические качества систем природы.

8. Вторичное постепенно сложившееся экологическое равновесие, как правило, устойчивее, чем первичное, но потенциальный «запас преобразований» при этом сокращается.

9. Несоответствие «целей» естественно-системной регуляции в природе и целей хозяйствования может приводить к деструкции природного образования, то есть силы природы и хозяйственных преобразований в ходе противоборства сначала «гасят» друг друга, а затем природная составляющая начинает разрушаться.

10. Технические системы воздействия в длительном интервале времени всегда менее эффективны в хозяйственном плане, чем направляемые естественные.

Закон минимума – жизненность организма будет снижаться пропорционально фактору, величина которого стремится к наиболее низкому значению (минимуму). Идея о том, что выносливость орга-

низма определяется слабым звеном в цепи его экологических потребностей, впервые была высказана Ю. Либихом (1840) и получила в дальнейшем статус закона. По Ю. Либиху, урожай зерна часто лимитируется не теми питательными веществами, которые требуются в больших количествах, а теми, которых нужно немного, но которых мало и в почве. Сформулированный им закон гласил: «Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется величина, и устойчивость последнего во времени».

Закон необходимого разнообразия элементов – система не может состоять из абсолютно идентичных, лишенных индивидуальности элементов. Нижний предел разнообразия – не менее двух элементов (болт и гайка, белок и нуклеиновая кислота, «он» и «она»), верхний предел – бесконечность. Система устойчива только в том случае, если она гетерогенна.

Закон неустранимости отходов или побочных воздействий производства – в любом хозяйственном цикле образующиеся отходы и возникающие побочные эффекты в абсолютном выражении неустранимы, они могут быть или переведены из одной формы в другую или перемешены в пространстве.

Закон развития природной системы за счет окружающей среды – любая система может развиваться только за счет материальных, энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды. Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно. В X-XI веках эта мысль была высказана Авиценной в «Поэме о медицине»: «Все, что природа накопить сумела, незримо входит и в природу тела».

Первая редакция закона была сделана Карлом Рулье (1852) – русским биологом-эволюционистом, одним из основоположников отечественной экологии: ни одно органическое вещество не живет само по себе, каждое вызывается к жизни и живет постольку, поскольку находится во взаимодействии с внешним по отношению к нему миром. Сегодня закон звучит несколько иначе, как **второй закон Б. Коммонера**: «Все должно куда-то деваться» (фактически это перефразировка фундаментального физического закона сохранения материи). Он ставит проблему предельного загрязнения биосферы – гомеостатических пределов загрязнения экосистемы, то есть проблему предельно допустимых концентраций (ПДК) и предельно допустимых воздействий (ПДВ). Второе положение Коммонера синтезирует рассмотренный закон с законом развития природной системы за

счет окружающей ее среды: жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов. В связи с этим небезынтересен такой пример. Живые организмы способны накапливать определенные химические элементы и соединения таким образом, что если в окружающей среде концентрацию элемента принять за единицу, то на первом пищевом уровне у фотосинтезирующих организмов она возрастет в 10 раз, на следующем уровне – у растительноядных форм (фитофагов) и хищников – в 100, 1000 раз и более. В результате концентрации элементов по пищевым уровням из безвредных в окружающей среде могут стать токсичными. Этим объясняется тот факт, что хищники «высокого ранга» – орлы, лососи, щуки – в пищевых цепях подвержены большим опасностям. Закон Коммонера следует из начал термодинамики. Он имеет чрезвычайно важное теоретическое и практическое значение благодаря основным своим следствиям:

1. Абсолютно безотходное производство невозможно (оно равнозначно созданию «вечного» двигателя).

2. Любая более высокоорганизованная биотическая система (например, вид живого), используя и видоизменяя среду жизни, представляет потенциальную угрозу для более низкоорганизованных систем (вследствие этого в земной биосфере невозможно повторное зарождение жизни – она будет уничтожена существующими организмами).

3. Биосфера Земли как система развивается не только за счет ресурсов планеты, но и опосредованно, под управляющим воздействием космических систем (прежде всего Солнечной).

Закон снижения энергетической эффективности природопользования – с течением времени (в историческом аспекте) при получении из природных систем полезной продукции на ее единицу затрачивается все больше энергии, а энергетические расходы на жизнь одного человека все время возрастают. Так, на одного человека в каменном веке расход энергии (в ккал. за сутки) был равен 4 тыс., в аграрном обществе – 12 тыс., в индустриальную эпоху – 70 тыс., в передовых развитых странах в конце XX века – 230-250 тыс., то есть в 58-62 раза больше, чем у наших далеких предков. С начала XX века количество энергии, которое затрачивалось на единицу сельскохозяйственной продукции, в развитых странах мира возросло в 8-10 раз, на единицу промышленной продукции – в 10-12 раз. Частные законо-

мерности этого закона нашли отражение, например, в **законе убывающей отдачи А. Тюрго-Т. Мальтуса**: повышение удельного вложения энергии в агросистему не дает адекватного пропорционального увеличения ее продуктивности (урожайности). Данный закон стал азбучной истиной сельскохозяйственной экологии. Общая энергетическая эффективность сельскохозяйственного производства в промышленно развитых странах примерно в 30 раз ниже, чем при примитивном земледелии. Нередко значительное увеличение затрат энергии на обработку полей, получение и внесение удобрений приводит лишь к незначительному (10-15%) повышению урожайности. Это вызывает необходимость одновременно с улучшением агротехники учитывать общую экологическую обстановку и налагаемые ею ограничения. Отсюда вывод: рост энергетических затрат не может продолжаться бесконечно.

Можно рассчитать вероятный момент неизбежного перехода на новые технологии промышленного и сельскохозяйственного производства и тем самым избежать тепловой (термодинамический) кризис и ослабить ход современного экологического кризиса.

Закон техно-гуманитарного равновесия (закон эволюционных корреляций) – чем выше инструментальный потенциал общества, тем более совершенные средства сдерживания экологической и политической агрессии необходимы для выживания. Нарушения внутреннего баланса инструментальной культуры («силы» и «мудрости») ведут к обострению антропогенных кризисов, и многие цивилизации погибли именно из-за того, что не смогли разрешить это противоречие: подорвав природные и организационные основы существования, они пали жертвой собственного могущества.

Закон толерантности (закон Шелфорда В.) – отсутствие или невозможность развития экосистемы определяется не только недостатком, но и избытком любого из факторов, например тепла, света, воды (слишком много хорошего тоже плохо). Диапазон между двумя величинами составляет пределы толерантности, в которых организм нормально реагирует на влияние среды. Закон толерантности предложил американский зоолог и эколог В. Шелфорд в 1913 году. Изучение закона позволило установить пределы существования для некоторых растений и животных и сформулировать ряд положений, дополняющих закон:

1) организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и узкий – в отношении другого;

2) организмы с широким диапазоном толерантности ко всем факторам обычно являются наиболее распространенными;

3) если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для вида, то диапазон толерантности может сузиться и к другим экологическим факторам;

4) период размножения обычно является критическим: многие факторы среды становятся лимитирующими; пределы толерантности для размножающихся особей, семян, яиц, эмбрионов, проростков и личинок обычно уже, чем для неразмножающихся взрослых растений и животных.

Закон физико-химического единства живого вещества – при всей разнокачественности живых организмов они настолько сходны по физико-химическим параметрам, что вредное для одних – не безразлично для других (например, ядохимикаты).

Закон цепных реакций – любое частичное изменение в системе неизбежно приводит к развитию цепных реакций, идущих в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых взаимосвязей и новой системной иерархии. Поскольку между компонентами системы при их изменении, как правило, существует нелинейное взаимодействие, то слабое изменение одного из параметров системы может вызвать сильное отклонение других параметров или привести к изменению всей системы в целом. Системообразующая роль элементов неравнозначна. Подчеркивая значение «сильных» элементов, вместе с тем следует отдавать должное роли слабых взаимодействий, без которых целостность и устойчивость системы невозможна. Сильные воздействия не всегда играют решающую роль в управлении системой. Одно из правил кибернетики гласит, что вовремя и к месту приложенное слабое воздействие может оказаться решающим в управлении системой. С этим правилом кибернетики тесно связан принцип «бритвы Оккама»: не следует делать посредством большего то, чего можно достичь посредством меньшего.

Говоря об управлении в сфере живой природы, необходимо сегодня согласиться с точкой зрения академика Н. Амосова «Живые системы настолько изменчивы, что точно управлять ими в принципе невозможно. Наука должна в этом помочь, но гарантировать успех не может».

Заповедник – особо охраняемая территория (акватория), полностью исключенная из любой хозяйственной деятельности (в том числе посещения людьми) в целях сохранения в нетронутом виде при-

родных комплексов (эталонов природы), охраны видов живого и слежения за природными процессами.

Захоронение отходов – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую природную среду.

Здоровый образ жизни – гигиеническое поведение, базирующееся на научно-обоснованных санитарно-гигиенических нормах, направленных на укрепление и сохранение здоровья, активизацию защитных сил организма, обеспечение высокого уровня трудоспособности, достижение активного долголетия. Здоровый образ жизни можно рассматривать как основу профилактики заболеваний. Он направлен на устранение факторов риска (низкий уровень трудовой активности, неудовлетворенность трудом, пассивность, психоэмоциональная напряженность, невысокая социальная активность и низкий культурный уровень, экологическая безграмотность, гиподинамия, нерациональное, несбалансированное питание, курение, употребление алкоголя, наркотических и токсических веществ, напряженные семейные отношения, нездоровый быт, генетический риск и др.). Здоровый образ жизни является важным фактором здоровья (повышает трудовую активность, создает физический и душевный комфорт, активизирует жизненную позицию, защитные силы организма, укрепляет общее состояние, снижает частоту заболеваний и обострений хронических заболеваний).

Антиподом ему выступает так называемый рискованный образ жизни, при котором человек своим поведением, потаканием вредным привычкам наносит ущерб самому дорогому, что у него есть, – своему здоровью, а потом расходует невозобновимые жизненные силы на компенсацию полученного вреда. Отсюда ускоренное изнашивание организма, увеличение вероятности заболеваний и как следствие сокращение продолжительности жизни. При таком поведении, образно говоря, человек первую половину жизни делает все, чтобы подорвать свое здоровье, а вторую – чтобы его вернуть, то есть «работает на аптеку».

Здоровье – согласно Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) – многоуровневая система, объективное состояние и субъективное чувство полного физического, душевного и социального благополучия, при хорошем самочувствии, работоспособности и способ-

ности к воспроизводству потомства, а не только отсутствие болезней и физических дефектов.

Показателем здоровья в первую очередь является его количество, то есть средняя ожидаемая продолжительность жизни. Усредненный биологический видовой показатель (норматив) для человека-европеоида 89 ± 5 лет. Он обусловлен биологическими характеристиками.

Зона толерантности – интервал количественных значений экологического фактора между верхним и нижним пределами выносливости.

Зоны чрезвычайной экологической ситуации – участки территории России, на которых в результате хозяйственной и иной деятельности происходят устойчивые антропогенные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экологических систем, генетических фондов животных и растений. В такой зоне необходимо прекратить деятельность, которая отрицательно влияет на окружающую природную среду, и приостановить работу предприятий, учреждений, организаций, цехов, оборудования, оказывающих негативное воздействие на здоровье человека, его генофонд и окружающую природную среду. Должны быть также проведены оперативные меры по восстановлению и воспроизводству природных ресурсов.

Зона экологического риска – места на поверхности суши или океана, где человеческая деятельность может создать опасные экологической ситуации (например, зоны подводной добычи нефти, опасные для проходящих танкеров участки моря и др.).

Зона экологического бедствия – участки территорий страны, где вследствие хозяйственной либо иной деятельности произошли глубокие необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушения природного равновесия, разрушение естественных экологических систем, деградацию флоры и фауны. В таких зонах прекращается деятельность хозяйственных объектов, кроме объектов, связанных с обслуживанием проживающего на территории зоны населения, запрещают строительство новых и реконструкция существующих хозяйственных объектов, ограничиваются все виды природопользования, проводятся оперативные мероприятия по восстановлению, воспроизводству природных ресурсов и оздоровлению окружающей природной среды.

Зона рекреационная – часть окружающей среды, используемая на для отдыха и туризма.

Зообентос – животный компонент бентоса (ракообразные, моллюски, морские звезды и др.).

Зоопланктон – животный компонент планктона (одноклеточные животные, рачки, медузы и др.).

Зооценоз – часть биоценоза, представленная совокупностью животных, характеризующаяся определенным составом, сложными взаимоотношениями животных между собой и с окружающей их средой.

Идиоадаптация – совершенствование организмов путем частных изменений в строении и функциях органов, приспособление к особым условиям существования без повышения уровня организации в целом (например, приспособление комаров к паразитизму, растений – к распространению семян). Идиоадаптация ведет к расширению ареала группы организмов, разделению ее на большее число родственных систематических единиц.

Изоляция экологическая – прекращение под влиянием природной среды обмена генами между популяциями вследствие различных сезонных или суточных ритмов в образе жизни и размножении, а также приспособления к различным участкам биотопа (в вертикальном и горизонтальном направлениях). Способность популяций жить на одной и той же территории определяется наличием соответствующих местообитаний и ниш, силой межвидовой конкуренции и соответствующими адаптациями. Если сосуществование популяций действительно имеет место, то гибридизация между ними регулируется наличием местообитаний, пригодных для их гибридного потомства. Препграда к обмену генов имеет экологическую природу. Изоляция экологическая представляет собой универсальную черту, характерную для всех видов, но она не является отличительным видовым признаком. Изоляция экологическая существует также между экологическими расами и между симпатрическими популяциями. Весьма возможно, что между географическими расами обычно есть некоторая изоляция экологическая. Как правило, изоляция экологическая – следствие экологической дифференциации симпатрических видов. Подобная дифференциация широко распространена и проявляется во многих различных формах. Например, в Техасе (США) некоторые виды дуба растут на разных почвах: *Quercus mohriana* встречается на известковой почве, *Q. havardi* – на песчаной, *Q. grisea* – на выходах

магматических пород. Другой пример: виды дрозофилы, обитающие в одном и том же районе Калифорнии (США) или Бразилии, питаются разными видами дрожжей.

Иммунитет – невосприимчивость, сопротивляемость организма к инфекционным агентам и чужеродным веществам.

Иммунитет экологический – зависящая от плотности особей устойчивость популяции к вирусным, бактериальным заболеваниям и паразитам. Чем больше плотность, тем меньше иммунитет экологический.

Инженерная экология – раздел прикладной экологии, занимающейся технической политикой при создании экологически чистых производств в химической, нефтехимической, микробиологической и других отраслях промышленности.

Инсектициды – химические препараты из группы пестицидов для уничтожения насекомых – вредителей сельскохозяйственных растений, их яиц (овициды) и личинок (ларвициды). Инсектициды используют также для борьбы с насекомыми-переносчиками болезней и эктопаразитами животных, бытовыми насекомыми, для защиты продовольственных запасов, тканей и других материалов. Многие инсектициды токсичны, их применение строго регламентировано.

Интродукция – (биологическая), переселение особей какого-либо вида животных и растений за пределы естественного ареала в новые для них места обитания. Целенаправленная интродукция осуществляется главным образом для введения в культуру новых видов и форм (например, кукуруза, картофель интродуцированы в Европу из Америки).

Информационная экология – раздел прикладной экологии, изучающий экологические аспекты общения животных.

Информационное загрязнение – бессистемная, не всегда достоверная и своевременная подача населению сведений о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах независимо от формы их представления, воздействующее на все органы чувств, приводящее к беспомощности перед воздействующим субъектом.

Исследование экологическое – изучение взаимоотношений организмов или их сообществ с окружающей биотической и абиотической средой.

Ионизация воздушной среды – степень ионизации воздуха и его ионный состав. Большое значение имеет соотношение концентраций (числа ионов в 1 см^3) и полярности ионов в воздухе помещений.

Отрицательное влияние на состояние здоровья оказывает как недостаточная, так и избыточная ионизация. Оптимальными считаются уровни, при которых число ионов с положительным зарядом относится к числу ионов с отрицательным зарядом как 1500-3000:3000-5000 в 1 см³ воздуха.

Использование отходов – применение отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг или для получения энергии.

Использование природных ресурсов – эксплуатация природных ресурсов, вовлечение их в хозяйственный оборот, в том числе все виды воздействия на них в процессе хозяйственной и иной деятельности.

Источник повышенной опасности – деятельность, создающая повышенную опасность для окружающих. В ст. 1079 Гражданского кодекса РФ дан примерный перечень видов деятельности, создающей повышенную опасность для окружающих, в котором названы не вещественные объекты, а именно виды деятельности, а также деятельность по использованию, транспортировке, хранению предметов, веществ и иных объектов производственного, хозяйственного и другого назначения, обладающих такими же свойствами.

Юридические лица и граждане, деятельность которых связана с повышенной опасностью для окружающих (использование транспортных средств, механизмов, электрической энергии высокого напряжения, атомной энергии, взрывчатых веществ, сильнодействующих ядов и т.п.; осуществление строительной и иной, связанной с нею деятельности и др.), обязаны возместить вред, причиненный источником повышенной опасности, если они не докажут, что вред возник вследствие непреодолимой силы или умысла потерпевшего. Владелец источника повышенной опасности может быть освобожден судом от ответственности полностью или частично также по основаниям, предусмотренным п. 2 и 3 ст. 1083 Гражданского кодекса РФ.

Обязанность возмещения вреда возлагается на юридическое лицо или гражданина, которые владеют источником повышенной опасности на праве собственности, праве хозяйственного ведения или праве оперативного управления либо на ином законном основании (на праве аренды, по доверенности на право управления транспортным средством, в силу распоряжения соответствующего органа о передаче ему источника повышенной опасности и т.п.).

Владелец источника повышенной опасности не отвечает за вред, причиненный этим источником, если докажет, что источник выбыл из его обладания в результате противоправных действий других лиц. Ответственность за вред, причиненный источником повышенной опасности, в таких случаях несут лица, противоправно им завладевшие. При наличии вины владельца источника повышенной опасности в противоправном изъятии этого источника из его обладания ответственность может быть возложена как на владельца, так и на лицо, противоправно завладевшее источником повышенной опасности.

Владельцы источников повышенной опасности солидарно несут ответственность за вред, причиненный в результате взаимодействия этих источников (столкновения транспортных средств и т.п.) третьим лицам, по основаниям, предусмотренным п. 1 ст. 1083 ГК РФ.

Вред, причиненный в результате взаимодействия источников повышенной опасности их владельцам, возмещается на общих основаниях (ст. 1064 ГК РФ).

Источник чрезвычайной ситуации – опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Исчерпаемые природные ресурсы – природные ресурсы, количество которых ограничено абсолютно и относительно (полезные ископаемые, почвы, биологические ресурсы). Их делят на невозобновимые и возобновимые природные ресурсы.

Кадастры природных ресурсов – свод экономических, экологических, организационных и технических показателей, который характеризует количество и качество природного ресурса, а также состав и категории природопользователей этого ресурса.

Каннибализм – умерщвление и поедание себе подобных. Встречается, например, у крыс, бурых медведей, человека.

Канцерогены – вещества или физические агенты, способные вызвать развитие злокачественных новообразований или способствовать их возникновению. В настоящее время известно около 500 таких веществ. К наиболее сильным из них относятся бенз(а)пирен и другие полициклические ароматические углеводороды, а также ультрафиолетовые лучи, рентгеновские лучи, радиоактивные изотопы, эпоксидные смолы, нитриты, нитрозамины, асбест, промышленная пыль и др.

Совместное действие пыли и некоторых загрязнителей в современных городах вызывает высокотоксичный эффект, в частности: а) бензол + никель + сажа – бенз(а)пирен + формальдегид – канцерогенный эффект; б) углеводороды + тяжелые металлы (свинец, медь, ртуть) – нарушение репродуктивной функции женщин, врожденные патологии. По химической природе вещества, вызывающие канцерогенез, бывают неорганического происхождения (кадмий, ртуть, свинец, мышьяк, никель, бор, марганец, селен, хром, цинк и др.) – это так называемая группа тяжелых металлов, и органического (нитрозосоединения, фенолы, амины, нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, пестициды, формальдегид, бенз(а)пирен и др.).

К тяжелым металлам относят элементы (металлы), плотность которых превышает 6 г/см^3 : цинк, медь, хром, свинец, ртуть, мышьяк, никель, кадмий. Наиболее токсичными являются ртуть, мышьяк, кадмий и свинец; роль хрома и никеля в физиологических и биохимических процессах живых организмов изучена недостаточно.

Канцерогенные вещества подразделяются на генотоксичные и негенотоксичные. Канцерогенные вещества могут быть разделены на три категории: 1) металлсодержащие частицы; 2) водорастворимые соединения металлов; 3) жирорастворимые соединения. Наибольшей проникающей способностью в клетку обладают водорастворимые соединения. Жирорастворимые соединения металлов, такие, как карбонил никеля, легко входят в клетку и поэтому очень токсичны.

Канцерогенез – способность металла проникать в клетку и реагировать с молекулой ДНК, приводя к хромосомным нарушениям клетки. Канцерогенными веществами являются никель, кобальт, хром, мышьяк, бериллий, кадмий. Различие в канцерогенной активности определяется биодоступностью металлопроизводных: наиболее потенциально активные соединения содержат канцерогенные ионы металла, способные легко внедряться в клетки и реагировать с молекулой ДНК. Например, соли шестивалентного хрома потенциально более канцерогенны, чем соли трехвалентного хрома, поскольку первые легче проникают в клетки, а вторые – лишь ограниченно.

Канцерогенез зависит как от механизма поступления канцерогенных веществ в клетку, так и от их количества внутри клетки. На механизм канцерогенеза сильно влияет рН среды, температура, наличие в клетке аминокислот. При более кислых значениях рН наблюдается наибольшая растворимость канцерогенов в клетках. Присутствие в клетке аминокислот, хорошо связывающих металлы (таких, как

цистеин, гистидин), сильно понижает способность канцерогенов, например, никеля, проникать в клетки. Температура среды является ярким индикатором канцерогенеза. Повышение ее приводит к ускорению процесса канцерогенеза.

Однако пока отсутствуют сведения об относительной силе воздействия большинства канцерогенов на людей. Частично это обусловлено тем, что большая часть данных получена в опытах с животными и не может быть непосредственно перенесена на человека. Данные экспериментов с животными не всегда могут служить основой для суждения о силе воздействия тех же канцерогенов на людей, так как канцерогенность может быть различна и для разных видов животных. Приведем два примера: афлатоксин не является канцерогеном для взрослых мышей, хотя и вызывает рак у взрослых крыс; 2-нафтиламин не действует на крыс, но вызывает рак у людей.

Качество окружающей среды – совокупность показателей, характеризующих состояние окружающей среды; степень соответствия среды жизни человека его потребностям.

Квоты загрязнения среды – разрешенные долевые количества выбрасываемых в окружающую среду техногенных загрязнителей, устанавливаемые местными, национальными или международными нормативными актами (например, Киотский протокол).

Кислотный дождь – дождь или снег, подкисленный до $\text{pH} < 5,6$ из-за растворения в атмосферной влаге антропогенных выбросов (диоксид серы, оксиды азота, хлороводород и пр.).

Классификации загрязняющих веществ (загрязнений) – загрязнения классифицируются по различным признакам (параметрам): 1) по происхождению: естественное и искусственное (антропогенное); 2) источникам: а) промышленное, сельскохозяйственное, транспортное и др.; б) точечное (труба предприятия), в) объектное (предприятие в целом), г) рассеянное (сельскохозяйственное поле, экосистема в целом), д) трансгрессивное (поступающее из других регионов, государств); 3) по масштабам действия: глобальное, региональное, местное (локальное).

Климакс – термин введен Ф. Клементсом (1916) для обозначения стабильной ступени развития экосистемы с устойчивым гомеостазом в данных условиях.

Колония – групповое поселение оседлых животных как длительно существующее, так и возникающее лишь на период размножения (гагары, пчелы, муравьи и др.).

Комменсализм – взаимоотношения, при которых один из партнеров получает пользу от сожительства, а другому присутствие первого безразлично.

Конкуренция – взаимоотношения, при которых организмы соперничают друг с другом за одни и те же ресурсы внешней среды при недостатке последних. Конкуренция бывает косвенной (пассивной) – потребление ресурсов среды, необходимых обоим видам, и прямой (активной) – подавление одного вида другим; внутривидовой – соперничество между особями одного вида, и межвидовой – соперничество между особями разных видов.

Консорция – структурная единица биоценоза, объединяющая автотрофные и гетеротрофные организмы на основе пространственных (топических) и пищевых (трофических) связей вокруг центрального члена (ядра). Например, отдельно стоящее дерево или группа деревьев (растение-эдификатор) и связанные с ним организмы.

Консументы – гетеротрофные организмы, потребляющие органическое вещество продуцентов или других консументов (животные, гетеротрофные растения, некоторые микроорганизмы). Консументы бывают первого порядка (растительноядные животные), второго порядка (первичные хищники, питающиеся растительноядными животными), третьего порядка (вторичные хищники, питающиеся плотоядными животными) и т.д.

Контроль состояния окружающей среды – проверка соответствия показателей качества окружающей среды (воды, атмосферного воздуха, почв и т.д.) установленным нормам и требованиям (ПДК, НДС, ПДВ, ПДВВ и др.).

Копрофаги – организмы, питающиеся экскрементами млекопитающих.

Коренное сообщество – завершающее в процессе смены (сукцессии) биогеоценоза состояние, характеризующееся максимальной степенью равновесия внутренних свойств сообщества и данных внешних условий его существования.

Космополиты – виды растений и животных, представители которых встречаются на большей части обитаемых областей Земли (например, комнатная муха, серая крыса).

Косное вещество – неживые тела, образующиеся в результате процессов, не связанных с деятельностью живых организмов (породы магматического и метаморфического происхождения некоторые осадочные породы). Термин введен И.В. Вернадским.

Козволюция – тип эволюции сообщества, то есть эволюционных взаимодействий между организмами, при которых обмен генетической информацией между группами минимален или отсутствует; коэволюция – параллельная, совместная, сопряженная эволюция человека и природы.

Кривые выживания – кривые, отражающие, как по мере старения снижается численность особей одного возраста в популяции.

Криофилы – организмы, обитающие в условиях низких температур.

Криптофиты – растения, почки возобновления которых скрыты в почве (геофиты) или под водой (гидрофиты) (луковичные, клубневые и корневищные растения).

Круговорот веществ в природе – многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере, литосфере, в том числе в тех слоях, которые входят в состав биосферы Земли.

Ксенобиотики – загрязнители окружающей среды из любого класса химических соединений, которые не встречаются в природных экосистемах (например, пестициды, фенолы, детергенты, пластмассы и др.).

Ксерофилы – сухолюбивые организмы.

Ксерофиты – растения сухих местообитаний, способные переносить перегрев и обезвоживание. К ним относятся суккуленты и склерофиты.

Кумуляция – накопление порций вещества, усиливающее его действие.

Ландшафт – общий вид местности.

Летальная доза – количество вещества, вызывающее гибель организма. Учитывая, что все критерии токсичности носят статистический характер, летальную дозу представляют в одном из двух вариантов: LD_{50} – доза, которая приводит к гибели 50% испытуемых организмов за время проведения испытания ($ЭК_{50}$ – эффективная доза, при восприятии которой на 50% особей обнаруживается воздействие вещества). LD_{100} – доза, при которой гибнет 100% испытываемых животных. LD для некоторых веществ: цианистый калий KCN – 10 мг/кг; стрихнин – 0,5 мг/кг.

Лимитирование природопользования – плата за сверхлимитное использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды в несколько раз превышает плату за использование и загрязнение в пределах установленных предприятию нормативов (лимитов).

Лимит на размещение отходов – предельно допустимое количество отходов конкретного вида, которое разрешается размещать определенным способом на установленный срок в специальных объектах с учетом экологической обстановки на данной территории.

Лимитирующий (ограничивающий) фактор – экологический фактор, количественное значение которого выходит за пределы выносливости вида.

Лимиты на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов – ограничения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в окружающую среду, установленные на период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрение наилучших существующих технологий в целях достижения нормативов в области охраны окружающей среды.

Лицензия (или разрешение) – документ, выданный специально уполномоченными органами (Министерством природных ресурсов РФ) и удостоверяющий право его владельца на использование в определенный период времени природного ресурса (земель, вод, недр и др.), а также на выбросы, сбросы и размещение твердых отходов. Выдаче лицензии предшествует установление лимитов на природопользование, представляющих собой установленные предприятиям-природопользователям на определенный срок объемов предельного использования (изъятия) природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и размещения отходов производства.

Малоотходная технология – способ производства, который обеспечивает максимально эффективное использование сырья и энергии с минимумом отходов и потерь энергии.

Международные объекты охраны окружающей природной среды – объекты, которые находятся либо в пределах международных пространств (космос, атмосферный воздух, Мировой океан и Антарктида), либо перемещаются по территории различных стран (мигрирующие виды животных). Эти объекты не входят в юрисдикцию государств и не являются чьим-либо национальным достоянием. Их осваивают и охраняют на основании различных договоров, конвенций, протоколов, отражающих совместные усилия международного сообщества.

Существует еще одна категория международных объектов природной среды, которая охраняется и управляется государствами, но взята на международный учет. Это, во-первых, природные объекты,

представляющие уникальную ценность и взятые под международный контроль (заповедники, национальные парки, резерваты, памятники природы); во-вторых, исчезающие и редкие животные и растения, занесенные в международную Красную книгу, и, в-третьих, разделяемые природные ресурсы, постоянно или значительную часть года находящиеся в пользовании двух или более государств (река Дунай, Балтийское море и др.).

Одним из важнейших объектов международной охраны является космос. Ни одна страна в мире не имеет каких-либо прав на космическое пространство. Космос – достояние всего человечества. Этот и другие принципы отражены в международных договорах по использованию космического пространства. В них международным сообществом признаны недопустимость национального присвоения частей космического пространства, включая Луну и другие небесные тела; недопустимость вредного воздействия на космос и загрязнения космического пространства. Оговорены также условия спасания космонавтов. Для ограничения военного использования космоса большое значение имели Договор об ограничении систем противоракетной обороны и советско-американские соглашения об ограничении стратегических наступательных вооружений (СНВ).

Мировой океан также представляет собой объект международной охраны. Он содержит огромное количество полезных ископаемых, биологических ресурсов, энергии. Велико и транспортное значение океана. Освоение Мирового океана должно проводиться в интересах всего человечества. Попытки оформления национальных притязаний на морские ресурсы и пространства предпринимались давно и к 1950-1970-м годам вызвали необходимость юридического регулирования освоения Мирового океана. Эти вопросы рассматривались на трех международных конференциях и завершились подписанием более чем 120 странами Конвенции ООН по морскому праву (1973). Конвенцией ООН признается суверенное право прибрежных государств на биоресурсы в 200-мильных прибрежных зонах. Подтверждена незыблемость принципа свободного мореплавания (за исключением территориальных вод, внешняя граница которых установлена на 12-мильном расстоянии от берега).

Международные организации по охране природы – действуют почти во всех странах мира. Органы руководства сосредоточены, прежде всего, в ООН. Ключевую функцию по организации природоохранной деятельности в системе ООН осуществляет **ЮНЕП** – Про-

грамма ООН по окружающей среде. Россия активно сотрудничает в области охраны окружающей среды с ЮНЕП и другими организациями по вопросам выработки стратегии защиты от загрязнения, создания системы глобального мониторинга, борьбы с опустыниванием и др. Много внимания Россия уделяет работе и в других специализированных организациях ООН, имеющих комплексный природоохранительный характер, в частности: **ЮНЕСКО** (Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры), **ВОЗ** (Всемирная организация здравоохранения), **ФАО** (орган ООН по продовольствию и сельскому хозяйству). Укрепляются научные связи России с **МАГАТЭ** (Международное агентство по атомной энергии). Россия активно содействует реализации основных программ Всемирной метеорологической организации ООН (**ВМО**), в частности Всемирной климатической программы. По каналам ВМО в Россию поступает информация о состоянии Мирового океана, атмосферы, озонового слоя Земли и загрязнении окружающей среды. Большую активность в решении глобальных природоохранных проблем проявляет Международный союз охраны природы (**МСОП**), переименованный в 1990 году во Всемирный союз охраны природы. В настоящее время МСОП стал одним из лидеров в разработке проблем биоразнообразия. По инициативе МСОП выпущена Международная Красная книга редких и исчезающих видов растений и животных (в пяти томах).

Мезофилы – организмы, обитающие как во влажных, так и сухих местообитаниях.

Мезофиты – растения умеренно увлажненных местообитаний; промежуточная группа между гидрофитами и ксерофитами.

Местообитание – территория или акватория, занимаемая популяцией (видом), с комплексом присущих ей экологических факторов.

Микробоценоз – микробный компонент биоценоза.

Мимикрия – подражание опасным видам. Например, некоторые безобидные неядовитые змеи приобрели значительное сходство с ядовитыми сородичами, что позволяет им избежать нападения хищников.

Минеральные ресурсы – вещественные составляющие литосферы, пригодные для использования в хозяйстве как минеральное сырье или источники энергии. Минеральное сырье может быть рудным, если из него извлекаются металлы, и нерудным, если извлека-

ются неметаллические компоненты (фосфор и т.д.) или используются как строительные материалы.

Моделирование – метод опосредованного изучения объектов действительности на их естественных или искусственных аналогах-моделях. Моделирование включает три этапа: создание модели, исследование объекта с помощью различных операций с моделью, перенос полученных знаний на реальный прототип модели.

Мозаичность – горизонтальная структура биоценоза.

Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – система наблюдения, оценки и прогнозирования состояния окружающей человека природной среды. Мониторинг бывает фоновым (базовым) – слежение за природными явлениями и процессами, протекающими в естественной обстановке, без антропогенного влияния (осуществляется на базе биосферных заповедников), импактным – слежение за антропогенными воздействиями в особо опасных зонах, глобальный – слежение за развитием общемировых биосферных процессов и явлений (например, за состоянием озонового слоя, изменением климата), региональным – слежение за природными и антропогенными процессами и явлениями в пределах какого-то региона (например, за состоянием озера Байкал), локальным – мониторинг в пределах небольшой территории (например, контроль за состоянием воздуха в городе).

Мутагены – факторы, вызывающие изменения числа и структуры хромосом. К ним относятся многие пестициды, азотистые удобрения (нитриты), тяжелые металлы (свинец, кадмий, цинк, ртуть, никель и др.), некоторые лекарства, радиоактивные вещества, бенз(а)пирен, колхицин, некоторые бактерии, вирусы, рентгеновское и гамма-излучение, нейтроны.

Когда поражение затрагивает ДНК зародышевых клеток человека, гибнут эмбрионы или рождаются младенцы с наследственными дефектами. Мутации в клетках тела организма (соматических клетках) вызывают рак, поражения иммунной системы, уменьшают продолжительность жизни.

Мутация – резкое наследственное изменение организмов, меняющее их морфологические и/или физиолого-поведенческие признаки. Связано с изменением числа и структуры хромосом, структуры отдельного гена или группы генов.

Мутуализм (облигатный симбиоз) – взаимовыгодное сожительство, когда либо один из партнеров, либо оба не могут существовать

без сожителя. Например, травоядные копытные и целлюлозоразрушающие бактерии.

Национальные парки – относительно большие природные территории и акватории, где обеспечивается выполнение трех основных целей: экологической (поддержание экологического баланса и сохранение природных экосистем), рекреационной (регулируемый туризм и отдых людей) и научной (разработка и внедрение методов сохранения природного комплекса в условиях массового допуска посетителей). В национальных парках существуют зоны хозяйственного использования.

Невозобновимые природные ресурсы – исчерпаемые природные ресурсы, которые абсолютно не восстанавливаются (каменный уголь, нефть и большинство других полезных ископаемых) или восстанавливаются значительно медленнее, чем идет их использование (торфяники, многие осадочные породы).

Неисчерпаемые природные ресурсы – природные ресурсы, количество которых не ограничено, но не абсолютно, а относительно наших потребностей и сроков существования (воды Мирового океана, пресные воды, атмосферный воздух, энергия ветра, солнечная радиация, энергия морских приливов).

Нейстон – совокупность морских или пресноводных организмов, обитающих у поверхностной пленки воды.

Нейтрализм – сожительство двух видов на одной территории, не имеющее для них ни положительных, ни отрицательных последствий. Например, белки и лоси.

Нейтрализация отходов – обработка отходов с целью снижения или полного устранения вредного воздействия на среду жизни.

Нейтрофилы – растения, обитающие на почвах с $pH=6,7-7,0$.

Некрофаги (трупоеды) – организмы, питающиеся трупами животных.

Нектон – активно передвигающиеся в воде животные (рыбы, амфибии, головоногие моллюски, черепахи, китообразные и др.).

Нерациональное природопользование – хозяйственная деятельность человека, ведущая к истощению (и даже исчезновению) природных ресурсов, загрязнению окружающей среды, нарушению экологического равновесия природных систем, то есть экологическому кризису или катастрофе.

Ноосфера – новая стадия биосферы, связанная с возникновением и развитием в ней человечества. Современное понятие введено

В.И. Вернадским в 1931 году. Для обозначения этапа эволюции биосферы, характеризующегося ведущей ролью разумной сознательной деятельности человеческого общества в ее развитии.

Норма реакции – предсказуемое изменение состояния системы при определенном уровне внешнего воздействия.

Норматив образования отходов – установленное количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции.

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельных компонентов природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы допустимых выбросов и сбросов химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы допустимых физических воздействий – нормативы предельно допустимых уровней шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий, которые обеспечивают сохранение здоровья и трудоспособности людей, охрану растительного и животного мира, благоприятную для жизни окружающую природную среду.

Нормативы качества окружающей природной среды – нормативы, установленные в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда. Нормативы качества окружающей природной среды подразделяются на три группы: санитарно-гигиенические (ПДК, ПДУ), экологические (производственно-хозяйственные – ПДВ, ПДС) и комплексные, сочетающие в себе признаки первой и второй группы. Первая группа нормативов устанавливается в интересах ох-

раны здоровья человека и сохранения генетического фонда животного и растительного мира. Вторую группу возглавляют нормативы выбросов и сбросов вредных веществ. Они устанавливают требования непосредственно к источнику вредного воздействия, ограничивая его деятельность определенной пороговой величиной выброса (сброса).

Нормирование качества окружающей среды – установление системы количественных и качественных показателей (стандартов) состояния окружающей среды (для воздуха, воды, почвы и т.д.), при которых обеспечиваются благоприятные условия для жизни человека и устойчивого функционирования природных экосистем.

Обезвреживание отходов – обработка отходов, в том числе сжигание и обеззараживание отходов на специализированных установках в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую природную среду.

Обилие вида – число или масса особей данного вида на единицу площади или объема занимаемого им пространства.

«Озоновая дыра» – значительное пространство в озоносфере планеты с заметно пониженным (до 50% и более) содержанием озона.

Ойкумена – совокупность областей земного шара, заселенных, освоенных или иным образом вовлеченных в орбиту жизни человеческого общества.

Окружающая природная среда – естественная среда обитания и деятельности человека и других живых организмов, включающая литосферу, гидросферу, атмосферу, биосферу и околоземное космическое пространство.

Опасные отходы – отходы, которые содержат вредные вещества, обладающие опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, пожароопасностью, высокой реакционной способностью) или содержащие возбудителей инфекционных болезней, либо представляющие непосредственную или потенциальную опасность для окружающей природной среды и здоровья человека самостоятельно или при вступлении в контакт с другими веществами.

Оптимум (зона оптимума, зона нормальной жизнедеятельности) – такое количество экологического фактора, при котором интенсивность жизнедеятельности организмов максимальна.

Организм – целостная, замкнутая по структуре, иерархически организованная, неравновесная, самоорганизующаяся, открытая по обменам веществом и энергией живая система (биосистема), элемент всех экологических систем.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – территории или акватории, в пределах которых запрещено их хозяйственное использование и поддерживается их естественное состояние в целях сохранения экологического равновесия, а также в научных, учебно-просветительных, культурно-эстетических целях.

Охрана природы (окружающей природной среды) – система международных, государственных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование, воспроизводство и охрану природных ресурсов и улучшение состояния природной среды в интересах удовлетворения материальных и культурных потребностей как существующих, так и будущих поколений людей. Иначе говоря, система мероприятий по оптимизации взаимоотношений человеческого общества и природы.

Оценка воздействия на окружающую среду – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных или иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной или иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

Памятники природы – уникальные, невозпроизводимые природные объекты, имеющие научную, экологическую, культурную и эстетическую ценность (пещеры, вековые деревья, скалы, водопады и др.). На территории, где они расположены, запрещена любая деятельность, нарушающая их сохранность.

Паразитизм – взаимоотношения, при которых паразит не убивает своего хозяина, а длительное время использует его как среду обитания и источник пищи. К паразитам относятся вирусы, патогенные бактерии, грибы, простейшие, паразитические черви и др.

Паразиты облигатные – организмы, ведущие исключительно паразитический образ жизни и вне организма хозяина либо погибают, либо находятся в неактивном состоянии (вирусы).

Паразиты факультативные – организмы, ведущие паразитический образ жизни, но в случае необходимости могут нормально жить во внешней среде, вне организма хозяина (патогенные грибы и бактерии).

Парниковый эффект – возможное повышение глобальной температуры планеты в результате изменения теплового баланса, обусловленное постепенным накоплением парниковых газов в атмосфере.

Пастбищные пищевые цепи (цепи выедания) – пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов.

Паспорт опасных отходов – документ, удостоверяющий принадлежность отходов соответствующему виду и классу опасности, содержащий сведения об их составе.

Патоген – болезнетворный организм, обычно микроб.

Педосфера – почвенный покров планеты, область протекания почвообразовательного процесса.

Пелагиаль – толща воды в океане или море как среда обитания пелагических организмов – планктона и нектона.

Первичная продукция – биомасса, созданная за единицу времени продуцентами. Она делится на валовую и чистую продукцию.

Перенос загрязнений трансграничный – распространение загрязняющих веществ с воздушными потоками на большие расстояния – за пределы государств, на территории которых находятся источники загрязнения. Эта проблема рассматривается двусторонними и многосторонними соглашениями.

Пессимум (зона пессимума, зона угнетения) – такое количество экологического фактора, при котором жизнедеятельность организмов угнетена.

Пестицид – химическое соединение, используемое для защиты от вредителей растений, сельскохозяйственных продуктов, древесины, изделий из шерсти, хлопка, кожи. Чрезмерное применение пестицидов приводит к формированию устойчивых к ним популяций вредителей, а также к превращению изначально безобидных видов насекомых во вредителей вследствие роста их популяции за счет уничтожения пестицидами естественных врагов этих организмов.

Пионерное сообщество – сообщество, формирующееся в месте, ранее по каким-либо причинам лишенном жизни. Пионерное сообщество представлено случайно собранными (пионерными) видами.

Пирамида биомасс – графическое изображение соотношения между продуцентами и консументами разных порядков, выраженное в единицах биомассы. Показывает изменение биомасс на каждом следующем трофическом уровне: для наземных экосистем пирамида биомасс сужается кверху, для экосистемы океана – имеет перевернутый характер.

Пирамида чисел (Элтона) – графическое изображение соотношения между продуцентами и консументами разных порядков, выраженное в единицах числа особей. Отражает уменьшение численности организмов от продуцентов к консументам.

Пирамида энергии (продукции) – графическое изображение соотношения между продуцентами и консументами разных порядков, выраженное в единицах заключенной в массу живого вещества энергии. Имеет универсальный характер и отражает уменьшение количества энергии, содержащейся в продукции, создаваемой на каждом следующем трофическом уровне.

Пищевая сеть – сложное переплетение пищевых цепей в сообществе.

Пищевая цепь (трофическая цепь, цепь питания) – взаимосвязанный ряд трофических уровней экосистемы. Первый уровень представлен растениями, которые называют автотрофами или продуцентами. Второй и последующие уровни представлены животными, которых вследствие разнообразия питания называют гетеротрофами или консументами. Последний уровень представлен в основном микроорганизмами и грибами. Их называют редуцентами, которые разлагают мертвое органическое вещество до исходных минеральных элементов.

Планктон – организмы, в основном пассивно перемещающиеся за счет течения (одноклеточные водоросли, одноклеточные животные, рачки, медузы и др.). Выделяют фитопланктон и зоопланктон.

Платность природопользования – плата за использование практически всех природных ресурсов, загрязнение окружающей среды, размещение в ней отходов производства и другие виды воздействия.

Плотность популяции – число особей или биомасса популяции, приходящаяся на единицу площади или объема.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – химические соединения, понижающие поверхностное натяжение воды; используются при производстве моющих средств-детергентов; вызывают загрязнение водоемов.

Пойкилотермные организмы – организмы с непостоянной внутренней температурой тела, меняющейся в зависимости от температуры внешней среды (микроорганизмы, растения, беспозвоночные и низшие позвоночные животные).

Поллютант – вещество, загрязняющее среду жизни (обычно подразумевается антропогенное коммунальное, промышленное или сельскохозяйственное загрязнение). Русский синоним – загрязнитель.

Половая структура (половой состав) популяции – соотношение в популяции особей мужского и женского пола.

Популяция – совокупность особей одного вида, способных к самовоспроизводству, которая длительно существует в определенной части ареала относительно обособленно от других совокупностей того же вида.

Предельно допустимая антропогенная (экологическая) нагрузка на окружающую среду (предельно допустимое вредное воздействие – ПДВВ) – максимальная интенсивность антропогенного воздействия на окружающую среду, не приводящая к нарушению устойчивости экологических систем (выходу экосистемы за пределы экологической емкости).

Предельно допустимая концентрация (количество) (ПДК) – количество загрязняющего вещества в окружающей среде (почве, воздухе, воде, продуктах питания), которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) или сброс (ПДС) – максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается данному конкретному предприятию выбрасывать в атмосферу или сбрасывать в водоем, не вызывая при этом превышения в них предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) – максимальный уровень воздействия радиации, шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда. ПДУ – это то же, что ПДК, но для физических воздействий.

Принцип Ле-Шателье (принцип противодействия) – при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабевает.

Принципы рационального природопользования и охраны природы – основополагающие начала, которыми руководствуются участники правоотношений. Рациональное природопользование и охрана природы должны основываться на следующих принципах (правилах):

1. **Правило прогнозирования:** использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться на основе предвидения и мак-

симально возможного предотвращения негативных последствий природопользования.

2. Правило повышения интенсивности освоения природных ресурсов: использование природных ресурсов должно производиться на основе повышения интенсивности освоения природных ресурсов, в частности, с уменьшением или устранением потерь полезных ископаемых при их добыче, транспортировке, обогащении и переработке.

3. Правило множественного значения объектов и явлений природы: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом интересов разных отраслей хозяйства.

4. Правило комплексности: использование природных ресурсов должно реализовываться комплексно разными отраслями народного хозяйства.

5. Правило региональности: использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом местных условий.

6. Правило косвенного использования и охраны: использование или охрана одного объекта природы может приводить к косвенной охране другого, а может приносить ему вред.

7. Правило единства использования и охраны природы: охрана природы должна осуществляться в процессе ее использования. Охрана природы не должна быть самоцелью.

8. Правило приоритета охраны природы над ее использованием: при использовании природных ресурсов должен соблюдаться приоритет экологической безопасности перед экономической выгодностью.

Принципы управления риском – практическая деятельность в области управления риском должна быть построена так, чтобы общество в целом получило доступную наибольшую сумму природных благ. Для реализации этой идеи используются следующие принципы:

- в управление риском должен быть включен весь совокупный спектр существующих в обществе опасностей, и общий риск от них для любого человека и общества в целом не должен превышать «приемлемый» для него уровень;

- политика в области управления риском должна строиться в рамках строгих ограничений воздействий на природные экосистемы, состоящих из требований о непревышении величин воздействий предельно допустимых экологических нагрузок на экосистемы.

Природная среда – совокупность природных и природно-антропогенных объектов, а также их компонентов.

Природные парки – территории, отличающиеся особой экологической и эстетической ценностью, с относительно мягким охраняемым режимом и используемые преимущественно для организованного отдыха населения. По своей структуре они более просты, чем национальные природные парки.

Природно-антропогенный объект – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, и обладающий свойствами природного объекта, имеющий рекреационное и защитное значение.

Природные ресурсы – элементы природы (объекты и явления), необходимые человеку для его жизнеобеспечения и вовлекаемые им в материальное производство (атмосферный воздух, вода, почва, солнечная радиация, полезные ископаемые, климат, растительность, животный мир и т.д.).

Природопользование – использование природных ресурсов в целях удовлетворения материальных и культурных потребностей общества. Природопользование (как наука) – область знаний, разрабатывающая принципы рационального (разумного) природопользования. Природопользование может быть рациональным и нерациональным.

Продуценты – автотрофные организмы, способные производить органические вещества из неорганических, используя фотосинтез или хемосинтез (растения и автотрофные бактерии).

Пространственная структура биоценоза – распределение организмов разных видов в пространстве (по вертикали и горизонтали).

Пространственно-этологическая структура популяции – характер распределения особей популяции в пределах ареала.

Протокооперация (факультативный симбиоз) – взаимовыгодное, но не обязательное сосуществование организмов, пользу из которого извлекают все участники. Например, раки-отшельники и актинии.

Псаммофиты – растения песков.

Равновесие динамическое – равновесное состояние системы, поддерживаемое за счет постоянного возобновления ее компонентов и структуры.

Рациональное природопользование – хозяйственная деятельность человека, обеспечивающая экономное использование природных ресурсов и природных условий, их охрану и воспроизводство с учетом не только настоящих, но и будущих интересов общества.

Редуценты – микроскопические организмы (бактерии, грибы, актиномицеты и др.), которые возвращают вещества из отмерших организмов снова в неживую природу, разлагая органику до простых неорганических соединений и элементов (например, на CO_2 , NO_2 и H_2O). Возвращая в почву или в водную среду биогенные элементы, они тем самым завершают биохимический круговорот. Это делают в основном бактерии, большинство других микроорганизмов и грибы. Функционально редуценты – те же самые консументы, поэтому их часто называют микроконсументами. Насекомые также играют важную роль в процессах разложения мертвой органики и почвообразовательных процессах. Микроорганизмы, бактерии и другие более сложные формы в зависимости от среды обитания подразделяют на аэробные, то есть живущие при наличии кислорода, и анаэробные – живущие в бескислородной среде.

Рекреация – место отдыха, восстановления здоровья, жизнедеятельности на лоне природы или туристических поездок, связанных с посещением интересных для обозрения мест.

Рекультивация – комплекс мер, направленных на восстановление ранее нарушенного природного ландшафта, а также продуктивности нарушенных земель.

Репарация – одна из форм материальной ответственности субъекта международного права за ущерб, причиненный другому субъекту в результате международного правонарушения. Представляет собой возмещение материального ущерба в денежном выражении, а также товарами, услугами. Выплата репарации может производиться в натуре, в виде денежной или другой материальной компенсации или одновременно реституции и компенсации убытков.

Ресурсообеспеченность – соотношение между величиной природных ресурсов и размерами их использования. Она выражается либо количеством лет, на которое должно хватить данного ресурса, либо запасами из расчета на душу населения. О ресурсообеспеченности нельзя судить только по размерам запасов, а надо учитывать интенсивность извлечения (потребления их обществом).

Рециклинг – возможно полное возвращение расходных и вспомогательных веществ и материалов в циклических производственных процессах для повторного использования.

Рециркуляция – повторное использование материальных ресурсов, позволяющее экономить сырье, энергию и уменьшать образование отходов.

Рождаемость – число новых особей, появившихся в популяции за единицу времени в результате размножения.

Саморегуляция – свойство системы в процессе ее функционирования сохранять на определенном уровне типичное состояние, режимы, характеристики связей между ее компонентами.

Санитарно-гигиенические показатели качества – нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ (химических, биологических), физических воздействий и др., нормативы санитарных, защитных зон, предельно допустимых уровней (ПДУ) радиационного воздействия и т.д. Это наиболее разработанная часть нормативов качества окружающей природной среды.

Ученые-гигиенисты обеспокоены проблемой «воздушного куба» – необходимого воздушного объема помещения, который должен быть предоставлен проживающему человеку при условии работы эффективной вентиляции. Оптимальными гигиеническими условиями являются такие показатели, как общая жилая площадь на одного человека не менее $17,5 \text{ м}^2$ при высоте помещения не менее 3 м, что в итоге составляет $52,5 \text{ м}^3$. Целью создания таких нормативов является определение показателей качества окружающей среды применительно к здоровью человека.

Санитарно-защитная зона – зона пространства и растительности, специально выделенная между промышленным предприятием и районом проживания населения. Исходя из санитарных норм и правил 2.2.1.5/2.1.1.567-96 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» любые объекты, которые являются источниками выбросов в окружающую природную среду вредных веществ, а также источниками шума, вибрации, ультразвука, электромагнитных волн, радиочастот, статического электричества, необходимо в обязательном порядке отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами. Поэтому санитарно-защитные зоны стали ныне обязательными составными компонентами промышленного предприятия или иного объекта, являющихся источниками химического, биологического или физического воздействия на окружающую природную среду и здоровье человека. 40% ее территории рекомендуется занимать зелеными насаждениями. В санитарно-защитной зоне запрещается строительство жилья.

Сапрофаги – организмы, питающиеся органическими веществами отмерших других организмов (падалью, пометом, гниющими остатками растений, грибов и др.).

Симбиоз – различные формы совместного существования организмов разных видов (мутуализм, протокооперация, комменсализм, паразитизм). В узком смысле трактуется как взаимовыгодное для обоих партнеров сосуществование.

Синергетическое действие – взаимодействие факторов, при котором эффект оказывается больше суммы влияний от действия отдельных факторов (синергизм).

Синойкия (квартирантство) – форма комменсализма, когда один вид использует тело или жилище другого вида в качестве убежища или жилища. Например, актинии и тропические рыбки.

Синэкология (экология сообществ) – раздел экологии, изучающий сообщества организмов (биоценозы, экосистемы).

Система стандартов в области охраны природы (ССОП) – комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на сохранение, восстановление и рациональное использование природных ресурсов.

Склерофиты – ксерофитные растения с жесткими побегами, благодаря чему при водном дефиците у них не наблюдается внешней картины завядания (например, ковыли, саксаул).

Скорость роста популяции – изменение численности популяции в единицу времени.

Смертность популяции – число особей, погибших за единицу времени (от хищников, болезней, старости и других причин).

Смена биогеоценоза – замена одного биогеоценоза качественно отличным другим биогеоценозом на той же самой поверхности Земли.

Смог – токсический туман: сочетание загрязняющих частиц и капель тумана; образуется, когда температуры в верхних слоях атмосферы выше, чем в нижних (температурные инверсии).

Сопротивление среды – сочетание всех лимитирующих факторов, ограничивающих численность популяции. Эти факторы могут быть абиотическими (неоптимальная температура, кислотность, соленость, влажность, нехватка ресурсов) и биотическими (присутствие хищников, паразитов, болезнетворных организмов, агрессивных отношений).

Сорбенты – поглощающие вещества в процессах сорбции.

Сорбция – поглощение газов, паров и растворенных веществ твердыми телами или жидкостями. Различают абсорбцию, адсорбцию и хемосорбцию.

Сотрапезничество – потребление разных веществ или частей из одного и того же ресурса.

Социальная экология – раздел экологии, который исследует отношения между человеческими сообществами и окружающей географически пространственной, социальной и культурной средой, а также прямое и побочное влияние производственной деятельности на состав и свойства окружающей среды, экологическое воздействие антропогенных ландшафтов на здоровье человека и генофонд человеческих популяций.

Среда – комплекс экологических факторов, прямо или косвенно воздействующих на живые системы.

Среда обитания – совокупность абиотических и биотических условий и ресурсов жизни организмов.

Среды жизни – качественно различные среды обитания на Земле. Различают четыре среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную.

Стадо – более длительное, чем стая, или постоянное объединение животных, в котором, как правило, выполняются все жизненные функции вида: защита от врагов, добывание пищи, миграции, размножение, воспитание молодняка и т.д. (олени, зебры и др.).

Стация – местообитание какого-либо вида (популяции) наземных животных.

Стая – временное объединение животных, облегчающее выполнение какой-либо функции: защиты от врагов, добывания пищи, миграции (волки, сельдь и др.).

Стенобионты – экологически маловыносливые виды с узкой зоной толерантности (экологической валентностью).

Степень доминирования – отношение числа особей данного вида к общему числу всех особей рассматриваемой группировки.

Сточные воды – вода, сбрасываемая в установленном порядке в водные объекты после ее использования или поступившая с загрязненной территории.

Структура популяции – соотношение в популяции групп особей по полу, возрасту, размеру, генотипу, распределению особей по территории и т.д. (половая, возрастная, размерная, генетическая, пространственно-этологическая и др.).

Суккуленты – ксерофитные растения с сочными, мясистыми листьями (например, алоэ) или стеблями (например, кактус), в которых развита водозапасающая ткань.

Сукцессионная серия – последовательный ряд сменяющих друг друга в сукцессии сообществ.

Сукцессия – последовательная необратимая смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате влияния природных факторов или воздействия человека до достижения равновесия между биоценозом и биотопом (постепенное зарастание пожарищ, озер и т.д.). Различают первичные и вторичные сукцессии. Первичной сукцессией называется процесс развития и смены биоценозов на не заселенных ранее участках, начинающийся с колонизации последних. Известный пример – постепенное обрастание голый скалы и появлением на ней леса. Вторичная сукцессия происходит на месте сформировавшегося ранее биоценоза после его нарушения по какой-либо причине (пожар, вырубка леса, засуха и т.п.). В современных условиях вторичные изменения наблюдаются повсеместно. Так, в Белоруссии уничтожение части лесов в годы Великой Отечественной войны и последующие рубки привели к замене коренных лесов (сосновых, дубовых, еловых) менее ценными (березовыми, осиновыми, сероольховыми). Сукцессия завершается стадией, когда все виды экосистемы, размножаясь, сохраняют относительно постоянную численность, и дальнейшей смены ее состава не происходит. Такое равновесное состояние называют климаксом, а экосистему – климаксовой. В такой экосистеме существует равновесие между связанной ею энергией и энергией, затрачиваемой на поддержание жизнедеятельности своих компонентов. Таким образом, климаксовый биоценоз находится в состоянии гомеостаза.

Сциофиты (тенелюбивые растения) – растения, плохо переносящие прямые солнечные лучи.

Температурная стратификация – слоистое распределение температуры по глубине водоема. Различают прямую температурную стратификацию, которая характеризуется понижением температуры с глубиной, и обратную температурную стратификацию, когда температура повышается с увеличением глубины.

Тепловое загрязнение – поступление аномально большого, нежелательного количества тепла в атмосферу или воду.

Термофилы – организмы, обитающие в условиях высоких температур.

Терофиты – однолетние растения, не имеющие почек возобновления, размножающиеся только семенами.

Техногенез – совокупность геохимических процессов, вызванных производственно-хозяйственной деятельностью человека.

Техносфера – часть биосферы (со временем, по-видимому, вся биосфера), преобразованная технической деятельностью человека.

Токсикант – ядовитое, вредное для здоровья вещество. По степени опасности (токсичности) различают четыре класса веществ: 1) чрезвычайно опасные, 2) опасные, 3) умеренно опасные, 4) относительно безвредные. Токсичность одного и того же вещества не является величиной постоянной, а зависит от различных факторов, в первую очередь от концентрации этого вещества в организме.

Токсины – ядовитые продукты обмена веществ, выделяемые некоторыми организмами: бактериями, водорослями, растениями, скорпионами, змеями и др.

Токсичность – ядовитость, то есть способность оказывать вредное или даже смертельное воздействие на живой организм.

Толерантность – способность организма переносить неблагоприятные воздействия окружающей среды.

Топические связи – связи между видами, когда один вид изменяет условия обитания другого. Например, под хвойным лесом, как правило, отсутствует травянистый покров.

Трансграничное перемещение отходов – перемещение отходов с территории, находящейся под юрисдикцией одного государства, на территорию (через территорию), находящуюся под юрисдикцией другого государства, или в район, не находящийся под юрисдикцией какого-либо государства, при условии, что такое перемещение затрагивает интересы не менее двух государств.

Трофические связи – связи между видами, когда один вид питается другим: живыми особями, мертвыми остатками, продуктами жизнедеятельности.

Трофический уровень – совокупность организмов, объединенных типом питания. Организмы различных трофических цепей, получающие пищу через равное число звеньев в трофической цепи, находятся на одном трофическом уровне.

Трофобиоз (нахлебничество) – форма комменсализма, когда один вид потребляет остатки пищи другого. Например, взаимоотношения крупных хищников и падальщиков.

Тяжелые металлы – металлы с удельным весом выше железа – от $4,5 \text{ г/см}^3$. Многие тяжелые металлы необходимы для жизнедеятельности организмов и относятся к группе микроэлементов. В их числе цинк, медь, марганец, железо и др. Вместе с тем многие тяжелые металлы токсичны для организма. Специфика их действия за-

ключается в том, что они способны к биоаккумуляции вследствие медленной биodeградации, легкого поглощения и медленного выведения из организма. На высших звеньях цепей питания концентрация тяжелых металлов может увеличиваться в сотни и тысячи раз (например, в теле птиц, питающихся рыбой) по сравнению с их содержанием в среде. Тяжелые металлы легко связываются с белками в отличие от галогенированных углеводов, которые легко растворяются в жирах и в них же концентрируются.

Убиквисты – виды растений и животных с широкой экологической валентностью, способные существовать в разнообразных условиях среды, имеющие обширные ареалы (например, тростник обыкновенный, волк).

Урбанизация – исторический процесс повышения роли городов в жизни общества, связанный с концентрацией и интенсификацией не-сельскохозяйственных функций, распространением городского образа жизни, формированием специфических социально-пространственных форм расселения.

Урбосистемы (урбанистические системы) – искусственные системы (экосистемы), возникающие в результате развития городов и представляющие собой средоточие населения, жилых зданий, промышленных, бытовых, культурных объектов и т.д. В составе урбосистемы можно выделить следующие территории: промышленные зоны, где сосредоточены объекты различных отраслей хозяйства и являющиеся основными источниками загрязнения окружающей среды; селитебные зоны (жилые или спальные районы) с жилыми домами, административными зданиями, объектами быта, культуры и т.п.; рекреационные зоны, предназначенные для отдыха людей (лесопарки, базы отдыха и т.п.); транспортные системы и сооружения, пронизывающие всю городскую систему (автомобильные и железные дороги, метрополитен, заправочные станции, гаражи, аэродромы и т.п.). Существование урбоэкосистем поддерживается за счет агроэкосистем и энергии горючих ископаемых и атомной промышленности.

Условия жизни – комплекс экологических факторов, под действием которых осуществляются все основные жизненные процессы организмов, включая нормальное развитие и размножение.

Устойчивое развитие – развитие такой системы «общество – природа», которая обеспечивает удовлетворение потребностей общества без ущерба основных параметров биосферы и одновременно не

сокращает возможности будущим поколениям удовлетворять свои потребности.

Устойчивость экосистемы – способность экосистемы сохранять функционирование в пределах естественного колебания ее параметров (в рамках инварианта).

Утилизация отходов – вовлечение отходов в новые технологические циклы, использование в полезных целях.

Фабрические связи – связи между видами, когда один вид использует для своих сооружений продукты выделения, мертвые остатки или даже живых особей другого вида. Например, птицы при постройке гнезд используют ветки деревьев, траву, пух и перья других птиц.

Факторы риска – условия окружающей среды, не являющиеся непосредственной причиной определенной болезни, но существенно повышающие вероятность заболевания населения. По мнению большинства отечественных и зарубежных экспертов ВОЗ, здоровье человека определяется четырьмя группами факторов, взаимодействующих в следующем соотношении: 1) медико-генетическими (20%); 2) образом жизни и качеством питания (50%); 3) состоянием окружающей среды (20%); 4) уровнем развития здравоохранения (10%).

Факторы риска способны неблагоприятно влиять на течение и прогноз имеющегося заболевания. Если к факторам риска присовокупить факторы, являющиеся непосредственной причиной болезни, то вместе их называют факторами здоровья.

Фанерофиты – растения, почки возобновления которых находятся высоко над поверхностью земли (выше 30 см) (деревья и кустарники).

Фауна – совокупность видов животных, обитающих на определенной территории.

Фитобентос – растительный компонент бентоса (прикрепленные водоросли и высшие растения).

Фитопланктон – растительный компонент планктона (одноклеточные водоросли).

Фитоценоз – растительный компонент биоценоза.

Фитофаги (растительноядные) – гетеротрофы, питающиеся растениями. Консументы первого порядка в цепях питания.

Флора – совокупность видов растений, обитающих на определенной территории.

Фоновая концентрация – содержание веществ в природных объектах (воздухе, воде, почве), определяемое глобальными природными процессами.

Форические связи – связи между видами, когда один вид участвует в распространении другого. Например, перенос животными семян, спор, пыльцы растений.

Фотопериодизм – реакция организмов на продолжительность светового дня. Например, листопад, перелеты птиц.

Фторирование воды – добавление в воду дозированного количества солей фтора, обеспечивающего нормальное функционирование человеческого организма.

Фунгицид – вещества, предназначенные для борьбы с вредными грибами и грибковыми заболеваниями.

Хамефиты – растения, почки возобновления которых расположены у поверхности почвы или невысоко (не выше 20-30 см), зимой могут оказаться под снегом (полукустарники и мелкие кустарнички).

Хвостохранилище – замкнутый или полужамкнутый бассейн для хранения жидких отходов, образованный плотиной или дамбой, через которую частично может просачиваться вода.

Хемосорбция – поглощение газов, паров и растворенных веществ твердыми или жидкими растворителями с образованием новых химических соединений. В отличие от физической адсорбции при хемосорбции частицы должны обладать большей энергией активации. Тепло, выделяемое при хемосорбции, намного больше тепла, выделяемого при физической адсорбции.

Хищничество – взаимоотношения, при которых один из участников (хищник) умерщвляет другого (жертва) и использует его в качестве пищи. Например, волки и зайцы.

Хлорирование воды – обеззараживание воды хлором и хлорсодержащими веществами. Сущность обеззараживающего действия хлора заключается в окислительно-восстановительных процессах, происходящих при взаимодействии хлора и его соединений с органическими веществами микробной клетки. Хлорирование воды играет также большую роль при очистке воды от мелкодисперсной взвеси, способствуя тем самым ее обесцвечиванию и создавая благоприятные условия для осветления и фильтрования.

Хоминг – инстинкт дома, способность животного при определенных условиях возвращаться со значительных расстояний на свой участок обитания, к гнезду, логову и т.п.

Цветение вод – массовое развитие фитопланктона, вызывающее изменение окраски воды от зеленой и желто-бурой до красной. Оно обусловлено значительным поступлением в водоемы биогенных элементов (фосфора, азота, калия и др.).

Ценоз – любое сообщество (биогеоценоз, зооценоз, фитоценоз и др.).

Циркадные (околосуточные) ритмы – повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений с периодом от 20 до 28 ч.

Цирканые (окологодичные) ритмы – повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений с периодом от 10 до 13 месяцев.

Частота встречаемости – процентное отношение числа проб или учетных площадок, где встречается вид, к общему числу проб или учетных площадок.

Численность организмов – общее (абсолютное) число особей данного вида, обитающего на Земле в настоящее время.

Чистая первичная продукция – биомасса, которая не расходуется на поддержание жизнедеятельности растений и в дальнейшем используется консументами и редуцентами или накапливается в экосистеме.

Эврибионты – экологически выносливые виды с широкой зоной толерантности (экологической валентностью).

Эвтрофикация (эвтрофирование) – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления биогенных элементов (фосфора, азота, калия и др.) под воздействием естественных и антропогенных факторов.

Эдификаторы (строители) – виды, определяющие микросреду (микроклимат) всего биоценоза (как правило, это растения).

Эйкумена – часть земной поверхности, заселенная людьми.

Экзогенные (внешние) ритмы – биологические ритмы, возникшие как реакция на периодические изменения среды (смену дня и ночи, сезонов, солнечной активности).

Экологическая безопасность – совокупность действий, состояний и процессов, прямо или косвенно не приводящих к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимых природной среде, отдельным людям и человечеству.

Экологическая валентность (пластичность, толерантность, устойчивость) – степень приспособляемости вида к изменениям условий среды, его способность переносить количественные колебания действия экологического фактора в той или иной степени.

Экологическая группа – группа организмов, обладающих приспособительными свойствами по отношению к какому-то определенному фактору среды: свету, влаге, температуре или солености и пр.

Экологическая катастрофа (экологическое бедствие) – экологическое неблагополучие, характеризующееся глубокими необратимыми изменениями окружающей среды и существенным ухудшением здоровья населения.

Экологическая ниша – совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе.

Экологическая пирамида – графическое изображение соотношения между продуцентами и консументами разных порядков, выраженное в единицах биомассы (пирамида биомасс), числа особей (пирамида чисел) или заключенной в массе живого вещества энергии (пирамида энергии).

Экологическая пустыня – природное пространство, биотоп, некогда занятый естественными экосистемами, но разрушенный в результате неразумной человеческой деятельности.

Экологическая сертификация – оформляемое специальным актом подтверждение соответствия деятельности или продукции установленным экологическим требованиям.

Экологическая стратегия выживания – комплекс свойств популяции, направленных на повышение вероятности выживания и оставление потомства.

Экологическая структура биоценоза – соотношение в биоценозе организмов разных экологических групп.

Экологическая экспертиза – установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую природную среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий. Федеральным законом РФ «Об экологической экспертизе» предусмотрено два вида экологической экспертизы: государственная и общественная. Объектами экологической экспертизы являются материалы и документы, реализация которых может оказать влияние на состояние окружающей природной среды.

Экологические факторы – отдельные элементы среды обитания, которые воздействуют на организмы.

Экологический аудит – независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных доку-

ментов в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности.

Экологический контроль – деятельность государственных органов, предприятий и граждан по соблюдению экологических норм и правил. Различают государственный, производственный и общественный экологический контроль.

Экологический кризис – ситуация, которая возникает в экологических системах (биогеоценозах) в результате нарушения равновесия в случае стихийных природных явлений или в результате воздействия антропогенных факторов (загрязнение человеком атмосферы, гидросферы, педосферы, разрушение естественных экосистем, природных комплексов, лесные пожары, зарегулирование рек, вырубка лесов и др.). В более широком смысле экологический кризис – критическая фаза в развитии биосферы, при которой происходит качественное обновление живого вещества (вымирание одних видов и возникновение других).

Экологический паспорт предприятия – нормативно-технический документ, включающий данные по использованию предприятием ресурсов (природных, вторичных и др.) и определению влияния его производства на окружающую среду.

Экологический риск – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Экологическое образование – процесс и результат усвоения систематических знаний, умений и навыков в области воздействия на окружающую среду, воспитание экологической культуры и формирование природосообразной деятельности в процессе обучения.

Экологическое право – совокупность эколого-правовых норм (правил поведения), регулирующих общественные (экологические) отношения в сфере взаимодействия общества и природы с целью охраны окружающей среды, предупреждения вредных экологических последствий, оздоровления и улучшения качества окружающей человека природной среды.

Экология – наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и средой их обитания.

Экология человека – раздел экологии, изучающий закономерности взаимодействия человека и человеческого сообщества с окру-

жающими природными, социальными, эколого-гигиеническими и другими факторами.

Экономика природопользования – раздел экономики, изучающий главным образом вопросы экономической (в ряде случаев и внеэкономической) оценки природных ресурсов и ущербов от загрязнения среды.

Экосистема – система живых организмов и окружающих их неорганических тел, связанных между собой потоком энергии и круговоротом веществ.

Экотоны – переходные зоны между сообществами.

Экотоп – место обитания сообщества. Термин, очень близкий к биотопу, но с подчеркиванием внешних по отношению к сообществу факторов среды.

Экоцентризм – тип общественного сознания, основывающийся на понимании необходимости коэволюции человека и биосферы. Экоцентризм характеризуется следующими основными особенностями:

1. Высшую ценность представляет гармоничное развитие человека и природы. Природное признается изначально самоценным, имеющим право на существование вне зависимости от полезности, бесполезности или вредности для человека. Человек – не собственник природы, а один из членов природного сообщества.

2. Отказ от иерархической картины мира. Человек не признается обладающим какими-то особенными привилегиями на том основании, что он имеет разум. Напротив, разумность налагает на него дополнительные обязанности по отношению к окружающей его природе. Мир людей не противопоставлен миру природы, они оба являются элементами единой системы.

3. Целью взаимодействия с природой является максимальное удовлетворение как потребностей человека, так и потребностей всего природного сообщества. Воздействие на природу сменяется взаимодействием.

4. Характер взаимодействия с природой определяется «экологическим императивом»: правильно и разрешено только то, что не нарушает существующее в природе экологическое равновесие.

5. Природа и все природное воспринимаются как полноправные субъекты взаимодействия с человеком.

6. Этические нормы и правила равным образом распространяются как на взаимодействие между людьми, так и на взаимодействие с миром природы.

7. Развитие природы и человека мыслится как процесс взаимовыгодного единства.

8. Деятельность по охране природы продиктована необходимостью сохранить природу ради нее самой.

Эксплеренты (наполняющие) – виды, способные быстро появляться там, где нарушены коренные сообщества – на вырубках и гарях (осины), на отмелях и т.д.

Электродиализ – перенос ионов через мембрану, непроницаемую для коллоидов и макромолекул, под действием электрического поля. Применяется для обессоливания воды и других жидкостей.

Эмерджементные свойства экосистем – появление качественно новых свойств, которые нельзя предсказать исходя из свойств компонентов экосистемы.

Эмиссия – выпуск, испускание каких-либо веществ, побочных продуктов производства.

Эндемики – виды растений и животных, которые имеют небольшие ограниченные ареалы (часто встречаются на островах океанического происхождения, в горных районах и изолированных водоемах).

Эндобионты – организмы, обитающие внутри живого организма другого вида. Среди эндобионтов различают симбионтов, комменсалов и паразитов.

Эпифиты – растения, живущие на других растениях (на ветвях, стволах деревьев), без связи с почвой.

Этология – наука об особенностях поведения организмов.

Эфемеры – однолетние растения с очень коротким жизненным циклом. Массовое развитие начинается ранней весной и завершается до начала летней засухи.

Эфемероиды – многолетние раннецветущие травянистые растения, у которых летом надземные побеги полностью отмирают, остаются лишь подземные запасующие органы с почками (луковицы, клубни, корневища) (например, подснежники).

Эффект группы – оптимизация физиологических процессов, ведущая к повышению жизнеспособности особей при совместном существовании.

Ярус – часть слоя в биоценозе и агроценозе, к которой приурочены ассимилирующие или запасующие органы растений.

Ярусность – пространственно-структурное расчленение толщи биогеоценоза (экосистемы) на ярусы, слои, пологи и прочее расчленение. Различают ярусы в пространстве (надземные и подземные) и во времени (разновременное участие видов в жизнедеятельности сообщества).

ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Коротченко Ирина Сергеевна

Редактор Л.Э. Трибис

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 24.05.2016. Формат 60×90/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 17,75. Тираж 56 экз. Заказ № 164

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117