

Министерство образования Российской Федерации  
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
Дальневосточное отделение Российской Академии наук  
Тихоокеанский институт географии  
Биолого-почвенный институт

---

**В.С. ПУШКАРЬ**  
**И.С. МАЙОРОВ**

# **ЭКОЛОГИЯ**

Учебное пособие

Владивосток  
Издательство ВГУЭС  
2003

Пушкарь В.С., Майоров И.С.

П 91 ЭКОЛОГИЯ: Учебное пособие. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2003. – 188 с.

Данное учебное пособие – комплекс, в который включены программная, теоретическая и практическая части.

Изложены основы экологии, систематизированные данные о качестве окружающей среды, состоянии природных ресурсов. Отражены главные проблемы экологии, в том числе экологии популяции и сообществ, взаимоотношения человека с окружающей средой, современного состояния биосферы и значение охраны природы. Обобщены и систематизированы сведения о действии экологических факторов, рассмотрены вопросы динамики численности популяций и концепция экологической системы.

Для студентов всех форм обучения с углубленным самостоятельным подходом в овладении экологическими знаниями.

ББК 20.1

© Пушкарь В.С., Майоров И.С., 2003

© Издательство Владивостокского  
государственного университета  
экономики и сервиса, 2003

## ВВЕДЕНИЕ

В современном сложном, динамичном и полном противоречивых тенденций мире острейшей проблемой стала проблема взаимоотношений человечества и природы. Именно человек как социальный и довольно мощный фактор биотической среды способен влиять на изменение экосистем различных уровней, выводя их из состояний устойчивости и самовозобновления. Порой вмешательство человека в природу и несоблюдение правил корректной игры несет катастрофический характер. Пример тому – катастрофа на Чернобыльской АЭС. Подобные катастрофы могут привести к гибели цивилизации и исчезновению человека как биологического вида. Поэтому экология, являющаяся одной из фундаментальных наук о Природе, приобретает огромный вес в современном естествознании. Развитие экологии в настоящее время идет как по пути интеграции отдельных наук (социальная экология, правовая экология, экономическая экология, экологическая психология, медицинская экология), так и по пути появления частных прикладных экологических наук (экология человека, промышленная экология, экология городов-мегаполисов и др.). Многие экологические проблемы нельзя решить только с помощью запретных мер, что может при необдуманных актах привести к экономическому спаду. Несомненно, что наряду с развитием основных концепций современной экологии, необходимо повышать общий уровень экологического образования и прививать у человечества экологический образ мышления. Вместе с тем, читая специализированные курсы (например, социальная экология, рациональное природопользование, проблема глобальных экологических кризисов, популяционная экология, экология человека) преподаватель сталкивается с чрезвычайно сложной задачей: он не может перейти к конкретному курсу лекций, не дав студентам знаний именно по теоретической экологии, не объяснив основных ее дефиниций, концепций и законов. Дисциплина «Экология» является обязательной для студентов, поскольку призвана помочь будущим специалистам разобраться и свободно ориентироваться в многочисленных проблемах взаимодействия органического и неорганического мира Земли, в том числе и проблеме взаимоотношения человечества и природы. Курс лекций составлен так, чтобы в информативной форме он смог охватить все аспекты экологии, привить студентам экологическое мышление и приобрести будущим специалистам необходимую эрудицию, позволяющую решать конкретные задачи на высоком профессиональном уровне.

Основная цель курса лекций – сформировать у студентов научное знание об основных экологических концепциях и законах. Показать синтез отдельных наук и зарождение новых направлений. Основные задачи курса сфокусированы на существо теоретически строгой (клас-

сической) экологии, предметах и объектах ее исследований. Изучающие курс экологии должны правильно понимать и владеть специальной экологической терминологией. Большое внимание уделяется экосистемному подходу, формирующему основу методологии современной экологии. Авторы краткого курса лекций ставят перед собой задачу научить студентов в дальнейшей своей профессиональной деятельности корректно использовать теоретическую базу современной экологии. Они должны правильно и обоснованно ставить экологические задачи, касающиеся разрешения проблем взаимодействия человека и природы, будь то социальный, политический, правовой или экономический уровень, правильно их решать, используя знания основных экологических законов.

Конечно же, в столь сжатом курсе весьма трудно дать полное представление о такой сложной науке, как экология. Поэтому данный курс должен обязательно сопровождаться самостоятельной работой – это написание рефератов, курсовых и контрольных работ, которые студенты защищают на семинарских занятиях.

В процессе работы над учебным пособием авторы неоднократно обращались к фундаментальному учебнику Н.К. Христофоровой «Основы экологии» (1999 г.), взяв из него основные понятия и определения. Многие разделы классической экологии написаны с использованием данных профессора Н.К. Христофоровой.

# ЧАСТЬ I. УЧЕБНО-ПРОГРАММНАЯ

## 1.1. Тематический план изучения курса «Экология»

### Очное отделение

Курс рассчитан на 2 часа занятий в неделю, из них 1 час лекций и 1 час практических, семинарских занятий. В конце курса представляется реферат и сдается экзамен.

№ п/п	Темы лекционных занятий	Кол-во часов
1	Предмет и объект изучения экологии (дефиниции)	2
2	Структура экологии, основные проблемы и методы.	2
3	Основные законы макроэкологии, два подхода.	2
4	Определение понятия «экологические факторы». Экологическая роль абиотических и биотических факторов.	2
5	Концепция сообщества и биоценоза. Живые организмы водной среды – индикаторы комплекса экологических факторов. Водные биоценозы как отражение комплекса абиотических и биотических факторов. Живые организмы – индикаторы наземно-воздушной среды как комплекса экологических факторов.	2
6	Определение понятия «популяция», структура популяций. Пространственная и временная структуры популяций. Биоценозы островных систем.	2
7	Концепция экосистемы, классификация структуры, функционирование. Происхождение и эволюция основных сред жизни на земле. Концепция экологических кризисов. Концепция экологии человека и антропогенез.	2
8	Биосфера. Экосфера. Ноосфера.	2
9	Экологические проблемы России. Растительные биоресурсы ДВ.	2
10	Состояние водных экосистем прибрежных вод Приморья. Экологические проблемы г. Владивостока.	2
	Всего	20 часов

№ п/п	Темы практических занятий	Кол-во часов
1	Измерение мощности полевой эквивалентной дозы фотонного ионизирующего излучения прибором – дозиметр ДБГБ-01 «Ротон – 901».	2
2	Измерение освещенности, создаваемой лампами накаливания и естественным светом прибором – Люксметр – Ю-117.	2
3	Определение шума с помощью прибора – преобразователь пьезоэлектрический виброизмерительный ДН 3.Т	2
4	Тестирование по первому блоку (аттестация 1).	2
5	Тестирование по второму блоку (аттестация 2).	2
6	Семинарское занятие по защите рефератов.	4
	Всего	14 часов

Итого: 34 часа

## 1.2. Заочное отделение

Курс рассчитан на 6 часов, из них 4 лекционных, 2 часа практических занятий. В конце курса представляется контрольная работа и сдается зачет.

№ п/п	Темы лекционных занятий	Кол-во часов
1	Дефиниции экологии (предмет, объект и методы изучения экологии). Биосфера	2
2	Экологический кризис. Экологические проблемы: России, Дальнего Востока, Приморья и г. Владивостока	2
	Всего:	4

№ п/п	Темы практических занятий	Кол-во часов
1	Расчет предельно-допустимой концентрации и нагрузки	1
2	Расчет предельно-допустимого воздействия и сброса (ПДК, ПДВ и ПДС) на территории	1
	Всего:	2

Итого: 6 часов

### 1.3. Основная учебная литература по курсу «Экология»

- Будыко М.И. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977.
- Вернадский В.И. Биосфера. М., 1965.
- Вронский В.А. Прикладная экология: Учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 1996.
- Герасимов И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира. М.: Наука, 1985.
- Гиляров. Популяционная экология. М.: МГУ, 1990.
- Дажо Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975.
- Одум Ю. Экология: В 2 т. М.: Мир, 1986.
- Петров К.М. Общая экология: взаимодействие общества и природы: Учеб пособие для вузов. СПб.: Химия, 1998.
- Радкевич В.А. Экология. Минск: Вышэйш. шк., 1998.
- Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980.
- Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М.: МГУ, 1980.
- Христофорова Н.К. Основы экологии. Владивосток: Дальнаука, 1999.
- Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1988.

## 1.4. Программа курса «Экология»

### Тема 1. Предмет и объекты изучения экологии

Значение экологии как науки в современном миропонимании. Определение экологии. Методы экологии. Предмет и объект экологии. История становления экологических знаний.

#### Дополнительная литература

- Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. М.: ЮНИТИ, 1999.  
Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии, 1999.  
Дре Ф. Экология. М.: Атомиздат, 1976.  
Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Л.: Гидрометеоздат, 1981.  
Реймерс Н.Ф. Начала экологических знаний. М.: МНЭПУ, 1993.  
Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Россия молодая, 1994.  
Шилов И.А. Экология. М.: Высш. шк., 2001.

### Тема 2. Определение понятия «экологические факторы»

Общие положения (факторы среды, экологические факторы). Классификация экологических факторов (абиотические, биотические и антропогенные факторы). Лимитирующие факторы. Законы Шелфорда и Либиха (реакция организма на воздействие фактора; экологическая валентность, толерантность живых существ по отношению к конкретному фактору среды; закон биологической стойкости; правило оптимума; закон минимума Либиха; закон толерантности Шелфорда). Периодичность действия экологических факторов, первичные и вторичные периодические факторы). Абиотические факторы. Климатические факторы (температура, влажность, свет). Эдафические факторы. Факторы водной среды (температура, давление, химический состав: кислород, соленость). Биотические факторы: внутривидовые – популяционные и межпопуляционные (демографические, экологические); межвидовые (хищник – жертва, паразитизм, симбиоз, комменсализм и др.). Антропогенные факторы.

#### Дополнительная литература

- Андерсон Дж.М. Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек. Л.: Гидрометеоздат, 1985.  
Биологический энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1986.  
Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Россия молодая. 1994.  
Суравегина И.Т., Сенкевич В.М. Как учить экологии. М.: Просвещение, 1995.  
Экология и безопасность: Справочник.: В 3 т. М., 1993

### **Тема 3. Экологическая роль абиотических и биотических факторов**

Абиотические факторы. Физические и химические характеристики среды (свет, температура, влажность, давление, химизм воды, атмосферы и почв, характер рельефа и состав горных пород, ветровой режим). Фототропическая реакция на свет (светолюбивые, тенелюбивые и теневыносливые растения). Эвритермные и стенотермные организмы. Биогеографическая зональность (арктические, бореальные, субтропические и тропические зоны). Пойкилотермные, гомойотермные организмы. Термофилы и термофиты. Гидрофиты, мезофиты, ксерофиты, суккуленты, склерофиты. Галофиты и кальцефилы.

Биотические факторы. Внутривидовые отношения (внутривидовая борьба, конгруэнции, каннибализм, саморазреживание растительных популяций). Межвидовые отношения (конкуренция, аллелопатия, симбиоз, мутуализм, комменсализм, паразитизм, хищничество).

#### **Дополнительная литература**

Биологический энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1986.

Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк., 1967.

Лархер Б. Экология растений. М.: Мир, 1978

Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания: В 4 кн. М.: Мир, 1994.

Риклефс Р. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979.

### **Тема 4. Концепция экологической ниши**

Общие положения (ареал; местообитание вида: среда обитания или биотоп; экологическая ниша). Стенотопные и эвритопные организмы. Эко-топ. Экотип. Три аспекта экологической ниши (пространство, функциональная роль организма). Трофическая ниша. Многомерная ниша. Гиперобъем. Современная концепция экологической ниши. Индивидуальность и неповторимость экологических ниш. Измерение экологических ниш (ширина ниши и перекрывание ниши с соседними нишами). Типы экологических ниш (фундаментальная и реальная). Принцип Вандермеера и Гаузе. Принцип конкурентного исключения. Пространство ниши.

#### **Дополнительная литература**

Биологический энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1986.

Гаузе Г.Ф. О процессах уничтожения одного вида другим в популяциях инфузорий // Зоол. журн. 1934. Т.13. Вып. 1.

Гиляров А.М. Современное состояние концепции экологической ниши // Успехи совр. биологии. 1978. Т. 85. № 3.

Шенброт Г.И. Экологические ниши, межвидовая конкуренция и структура сообществ наземных позвоночных // Итоги науки и техники. Сер. Зоология позвоночных. М.: ВИНТИ, 1986.

### **Тема 5. Концепция сообщества и биоценоза**

Общественные и необщественные группировки. Общественные группировки (интераттракции, общественное влечение). Необщественные группировки (скопления, биоценозы). Концепция сообщества: Р. Уиттекер (1980). Концепция биоценоза К. Мебиус (1937) – первичные, вторичные и агробиоценозы. Количественные характеристики биоценозов (биомасса, количество видов, видовое разнообразие, продукция, облик биоценоза). Составные части биоценозов (сообщества растений, животных, микроорганизмов), упорядоченность биоценозов, структура биоценозов (пространственная, видовая, трофическая). Трофические цепи. Гомеостаз. Классификация биоценозов (наземные, пресноводные и морские). Биом. Синузия. Краевой эффект. Экотон.

#### **Дополнительная литература**

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология: особи, популяции и сообщества. М.: Мир, 1989.

Гиляров А.М. Популяционная экология. М.: МГУ, 1990.

Пономарева И.Н. Экология растений с основами биогеоценологии. М.: Просвещение. 1978.

Работнов Т.А. Консорция как структурная единица биогеоценоза // Природа. 1974. № 2.

Работнов Т.А. Фитоценология. М.: МГУ, 1975.

Тимофеев-Рессовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В. Очерк учения о популяции. М.: Наука, 1973.

Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980.

Яблоков А.В. Популяционная биология. М.: Высш. шк., 1987.

### **Тема 6. Живые организмы водной среды – индикаторы комплекса экологических факторов**

Общие положения (изменяемость фактора во времени; биологические циклы – суточные, сезонные, годовые; первичные и вторичные факторы). Оптимизация экологических условий. Факторы водной среды (свойства воды: теплоемкость, теплота плавления, испарение, теплопроводность, прозрачность). Механико-динамические свойства воды и грунта. Экологические группы водных организмов (бентос, перифитон, планктон, нектон, нейстон, плейстон). Адаптивные особенности водных растений. Адаптивные особенности водных животных.

### Дополнительная литература

Барина С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей – индикаторов сапробности. Владивосток: Дальнаука, 1996.

Беклемишев К.В. Экология и биогеография пелагиали. М.: Наука, 1969.

Биогеохимические и гидрологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 1998.

Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли: Справочник. Киев: Наукова думка, 1989.

Водоросли – индикаторы в оценке качества окружающей среды. М., 2000.

Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985.

Донные беспозвоночные рек Дальнего Востока и Восточной Сибири: Вопросы продуктивности и биоиндикации загрязнений. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987.

Донные организмы пресных вод Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986.

Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Л., 1969.

Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк., 1967.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выделения зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М., 1992.

### **Тема 7. Водные биоценозы как отражение комплекса абиотических и биотических факторов**

Структура биоценозов. Состав и структура водных сообществ. Межвидовые отношения: нейтрализм и конкуренция, протокооперация и мутуализм. Биохимическое воздействие. Индикаторные свойства водных биоценозов.

### Дополнительная литература

Биогеохимические и гидрологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 1998.

Зайцев Ю.П. Жизнь морской поверхности. Киев: Наукова думка, 1974

Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк., 1967.

Липин А.Н. Пресные воды и их жизнь. М., 1950.

Лори. А. Живой океан. Л.: Гидрометеиздат, 1976.

Преображенский Б.В. Современные рифы. М.: Наука, 1986

## **Тема 8. Живые организмы – индикаторы наземно-воздушной среды как комплекса экологических факторов**

Наземно-воздушная среда (кислород, углекислый газ, азот, озон, снежный покров). Почва как среда жизни: механический состав; тепловой режим; активная реакция почвы; химический состав и индикаторные группы. Типы почв (подзолы, буроземы, красноземы, черноземы, сероземы, торф). Микробиота, мезобиота и макробиота. Живые организмы как среда обитания (эктопаразиты, эндопаразиты; временные и стационарные паразиты; микропаразиты – бактерии, вирусы, простейшие; макропаразиты – гельминты, насекомые, грибы). Жизненные формы растений как отражение условий обитания (деревья, кустарники, кустарнички, полукустарники и полукустарнички, травянистые поликарпики, травянистые монокарпики). Классификация жизненных форм (фанерофиты, хамефиты, гемикриптофиты, криптофиты, терофиты). Индикаторы-виды и индикаторы-группы.

### **Дополнительная литература**

Биогеохимические и гидрологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 1998.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выделения зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М, 1992.

Проблемы экологии и рационального природопользования Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2000.

Раменский Л.Г. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л.: Наука, 1971.

Серавин Л.Н. Простейшие... Что это такое? Л.: Наука, 1984

## **Тема 9. Определение понятия «популяция» и структура популяций**

Понятие «популяция». Подходы к изучению популяций и их классификация. Н.П. Наумов (1963) популяционные единицы, ландшафтно-биотопический подход (географические популяции – экологические, биотические, местные, локальные, элементарные). С.С. Шварц – историко-генетический подход. В.Н. Беклемишев – многообразие взаимодействия организмов со средой (популяции с перекрестным оплодотворением; колониальные популяции; постоянные, временные, независимые, полузависимые, зависимые и псевдопопуляции; гемипопуляции и полупопуляции). Динамика численности популяций: биологический потенциал; рождаемость и смертность особей; иммиграция и эмиграция. Факторы, действующие на численность популяции: первичные (ультимативные) и вторичные (сигнальные). Стратегии развития человеческой популяции.

### Дополнительная литература

Беклемишев В.Н. О классификации биоценологических (симфизиологических) связей // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1951. Т. 56. № 5.

Беклемишев В.Н. Пространственная и функциональная структура популяций // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1960. Т.65. № 2.

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология: особи, популяции и сообщества. М.: Мир, 1989.

Гиляров А.М. Популяционная экология. М.: Изд-во Моск.ун-та, 1990.

Тимофеев-Рессовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В. Очерк учения о популяции. М.: Наука, 1973.

Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980.

Экология человека. Основные проблемы. М.: Наука. 1988.

Яблоков А.В. Популяционная биология. М.: Высш. шк., 1987.

### Тема 10. Пространственная и временная структуры популяции

Статистические и динамические показатели популяции (пространственная и возрастная структуры). Половая структура популяции. Возрастная структура популяций (четыре возрастные фазы: латентный период, виргинильный период, генеративный период, сенильный период). Пространственная структура популяций: оседлые и кочевые группы. Этологическая структура популяций животных: одиночный образ жизни; семейный образ жизни. Внутривидовые группировки – стаи, стада, колонии, гаремы.

### Дополнительная литература

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология: особи, популяции и сообщества. М.: Мир. 1989.

Гиляров А.М. Популяционная экология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990.

Тимофеев-Рессовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В. Очерк учения о популяции. М.: Наука, 1973.

Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980.

Яблоков А.В. Популяционная биология. М.: Высш. шк., 1987.

### Тема 11. Биоценозы островных экосистем

Возникновение островов (континентальные, океанические, барьерные острова, гайоты). Эволюция органического мира островов. Человек и острова. Гигантизм как одно из следствий изоляции. Многочисленность биоценозов.

### **Дополнительная литература**

Акимущкин И.И. Мир животных: В 2 кн. М.: Молодая гвардия, 1971.

Амос У.Х. Живой мир островов. Л.: Гидрометеиздат, 1987.

Дрейк Ч., Имбри Дж., Кнаус Дж., Турекиан К. Океан сам по себе и для нас. М.: Прогресс, 1982.

Резанов И.А. Происхождение океанов. М.: Наука, 1979.

Журавлев Ю.И. Курильский дневник. Владивосток: Дальнаука, 2001.

### **Тема 12. Концепция экосистемы. Классификация, структура, функционирование**

Определение термина «экосистема» (Тэнсли, 1935). Компоненты экосистемы: органический – биоценоз, неорганический – биотоп. Само-регуляция. Классификация и типы экосистем: микроэкосистемы, мезо-экосистемы, макроэкосистемы, мегаэкосистемы; естественные и искусственные экосистемы. Классификация по биомам: наземные биомы (тундра, бореальные хвойные леса, листопадный лес умеренной зоны, степь, саванна, пустыня, вечнозеленый тропический дождевой лес), пресноводные экосистемы (стоячие, текучие, заболоченные), морские экосистемы (пелагические, прибрежные). Экотон. Краевой эффект. Состав и структура экосистем. Трофическая структура (два яруса: 1) верхний автотрофный – самостоятельно питающийся – ярус; 2) нижний гетеротрофный – питаемый другими – ярус). Компоненты экосистемы с биологической точки зрения: 1) неорганические вещества, включающиеся в круговороты; 2) органические соединения (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества); 3) воздушная, водная и субстратная среда; 4) продуценты; 5) консументы; 6) деструкторы. Перенос энергии и вещества в экосистемах. Первый закон термодинамики, или закон сохранения энергии. Второй закон термодинамики, или закон энтропии. Пищевая цепь. Типы пищевых цепей. Экологические пирамиды (пирамида чисел, пирамида биомасс, пирамида энергии). Трофические сети. Биогеохимические циклы (круговорот углерода, азота, фосфора, воды). Динамика экосистем. Понятие сукцессии (первичные и вторичные сукцессии). Устойчивость экосистем (резистентная и упругая устойчивость). Искусственные экосистемы (космический корабль, город, агро-системы).

### **Дополнительная литература**

Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980.

Преображенский Б.В. Телеология и каузальная феноменология в познании морфологии живого // Вопр. филос. 1983. № 4. С. 76-86.

Пушкарь В.С., Черепанова М.В. Диатомеи плиоцена и плейстоцена Северной Пацифики. Владивосток: Дальнаука, 2001.

Сетров М.И. Организация биосистем. Л.: Наука (отд.), 1971.

Сукачев В.Н. Соотношение понятий биогеоценоз, экосистема и фацция // Почвоведение. 1960. № 6.

### **Тема 13. Происхождение и эволюция основных сред жизни на Земле**

Что было на ранних этапах геологической эволюции? Происхождение жизни. Докембрийский этап. Вендом. Криптозой и фанерозой. Первая, вторая, третья, четвертая и пятая атмосферно-дыхательные революции. Эпоха вымирания гигантских ящеров. Кайнозойский этап. Концепция ледниковых убежищ. Морфологические изменения животных. Проблема вымирания организмов во время материковых оледенений. Появление и быстрая эволюция человека.

#### **Дополнительная литература**

Алексеев В.П. От животных – к человеку. М.: Сов.Россия, 1967.

Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. М.: Танаис ДИ-ДИК, 1994.

Давиташвили Л.Ш. Причины вымирания организмов. М.: Наука, 1969.

Будыко М.И. Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1991.

Камшилов М.М. Эволюция биосферы. М.: Наука, 1979.

Красилов В.А. Нерешенные проблемы эволюции. Владивосток, 1986.

Малиновский Ю.М. Биосфера – Земля – Галактика. М.: Знание, 1990.

Моисеев Н.Н. Современный антропогенез и цивилизационные разломы. Эколого-политологический анализ // Вопр. философии. 1995. №1.

Серебрянный Л.Р. Древнее оледенение и жизнь. М.: Наука, 1980

Солбриг О., Солбриг Д. Популяционная биология и эволюция. М.: Мир, 1982.

### **Тема 14. Концепция экологических кризисов**

Понятие «катастрофа». Классификация экологических кризисов: по происхождению – эндогенные, экзогенные; по времени своего протекания – резкие, кратковременные стихийные бедствия, стихийные бедствия, возникающие в результате протяженного во времени накопления результата воздействия какого-либо негативного явления, протяженные во времени стихийные бедствия, являющиеся последствием чрезвычайной ситуации; по площади – локальные, региональные, глобальные. Антропогенные кризисы (войны, болезни, эпидемии). Характеристика и

последствия экологических кризисов (землетрясения, цунами, вулканизм, техногенные катастрофы). Протяженные во времени экологически значимые явления (накопления углекислого, угарного и сернистого газов, аэрозолей). Экологические катастрофы, связанные с хозяйственной деятельностью человека. Милитаризированные экологические катастрофы.

### **Дополнительная литература**

Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? / Арский Ю.М., Данилов-Данильян В.И., Залиханов М.Ч. и др. М.: МНЭПУ, 1997.

Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности. М.: Прогресс, 1990

Будыко М.И. Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1991.

Говорушко С.М. Влияние природных процессов на человеческую деятельность. Владивосток. 1999.

Говорушко С.М. Влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду. Владивосток, 1999.

Дрейер О.К., Лось В.А. Экология и устойчивое развитие. М.: УРАО, 1997.

Наше общее будущее. Доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию. М.: Прогресс, 1988.

Камшилов М.М. Эволюция биосферы. М.: Наука, 1979.

Коммонер Б. Замыкающий круг. Л.: Гидрометеиздат, 1974.

Короновский Н.В., Якушова А.Ф. Основы геологии. М.: Высш. шк., 1991.

Пушкарь В.С., Черепанова М.В. Экология: природные катастрофы и их экологические последствия. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2002.

Экология человека. Основные проблемы. М.: Наука, 1988.

## **Тема 15. Концепция экологии человека и антропогенез.**

### **Экоразвитие**

Человек как биосоциальный вид. Особенности популяций человека. Динамика и энергетика популяций человека. Информационные связи. Антропогенез: гоминиды, или пралюди; австралопитеки. Род: человек (*Homo*); человек умелый (*Homo habilis*); человек прямоходящий (*Homo erectus*); питекантропы и синантропы; неандертальцы (*Homo neandertaliensis*); Человек разумный (*Homo sapiens*). Экоцентризм и антропоцентризм. Биосфера и ноосфера. Мегаэкология. Экоразвитие.

### **Дополнительная литература**

Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития. М.: Рос. экон. акад., 1994.

Алексеев В.П. От животных – к человеку. М.: Сов. Россия, 1967.

Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М., 1999.

- Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. М.: Танаис ДИ-ДИК, 1994.
- Моисеев Н.Н. Современный антропогенез и цивилизационные разломы. Эколого-политологический анализ // Вопр. Философии. 1995. №1.
- Николов Т. Долгий путь жизни. М.: Мир, 1986.
- Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России. М.: Финансы и статистика, 1995.
- Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Россия молодая, 1994.
- Экология человека. Основные проблемы. М.: Наука, 1988.

### **Тема 16. Биосфера. Экосфера. Ноосфера**

Состав биосферы. Три способа питания организмов Пфефера (автотрофное, гетеротрофное, микросотрофное). Две основные формы работы живого вещества (химическая и механическая). Экосфера. Основные функции экосферы (газовая, концентрационная, окислительно-восстановительная, информационная). Три биогеохимических принципа Вернадского. Определение ноосферы. Антропосфера. Биосферный геном. Социальные, космические и биосферные явления в ноосфере.

#### **Дополнительная литература**

- Биосфера. М.: Мир, 1972.
- Вернадский В.И. Биосфера. М.: Мысль, 1967.
- Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988.
- Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление. М.: Наука, 1991.
- Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. М.: Танаис ДИ-ДИК, 1994.
- Моисеев Н.Н. Человек и биосфера. М.: Молодая гвардия, 1985.
- Казначеев В.П. Учение В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере. Новосибирск: Наука, 1989.
- Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М.: Молодая гвардия, 1990.

### **Тема 17. Экологические проблемы России**

Глобальные проблемы экологии. Главные задачи современной экологии. Факторы, обуславливающие антропогенную нагрузку на природную среду России. Основные проблемы природопользования в России. Экологические проблемы ВВП. Современное состояние здоровья населения России. Экологические проблемы Дальнего Востока.

#### **Дополнительная литература**

- Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? / Арский Ю.М., Данилов-Данильян В.И., Залиханов М.Ч. и др. М.: МНЭПУ, 1997.

Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. Экономика природопользования. М.: ТЕИС, 1997.

Быков А.А., Мурзин Н.В. Проблема анализа безопасности человека, общества и природы. СПб: Наука, 1997.

Загоруйко И.А., Федоров В.Н. Пределы экономического развития и их вероятные следствия // Вестн. МГУ. Сер. эконом. 1993. № 2.

Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» М.: Республика, 1992.

Красная книга РСФСР. Животные. М.: Россельхозиздат, 1983.

Красная книга России. Растения. М.: Росагропромиздат, 1988.

Лосев К.С., Горшков В.Г., Кондратьев К.Я. и др. Проблемы экологии России. М.: Федеральный экологический фонд, 1993.

Митрюшкин К.П., Шапошников Л.К. Человек и природа. М.: Знание. 1977.

Моисеев Н.Н. Агония России. Есть ли у нее будущее? Попытка системного анализа проблемы выбора. М.: Экспресс-3М, 1996.

Ретеюм А.Ю. Россия и путь устойчивого развития // Географические проблемы стратегии устойчивого развития природной среды и общества. М., 1996.

Экология человека. Основные проблемы. М.: Наука, 1988.

## **Тема 18. Растительные биоресурсы Дальнего Востока**

Леса Сихотэ-Алиня (хвойно-широколиственные леса, хвойные леса). Роль лесных экосистем. Экологические проблемы лесных сообществ. Разрушительные факторы: «рекреационный пресс»; принцип неистощимости и постоянства рекреационного природопользования; рекреационная емкость территорий. Меры по сохранению национального богатства (создание Красных книг, организация заповедников, заказников, памятников природы). Международная конференция по торговле растениями и животными. Соблюдение экологического гомеостаза. Охрана и воспроизводство редких и исчезающих видов растений и животных.

### **Дополнительная литература**

Двенадцать разгневанных стихий (Журналисты Дальнего Востока об экологических проблемах региона). Владивосток: Дальнаука, 1999.

Дормидонтов Р.В., Маточкин А.Г. Заповедники Приморья. М.: Сов. Россия, 1988.

Ландшафтно-растительная поясность Ливадийского хребта (Южное Приморье). Владивосток: Дальнаука, 2001.

Окружающая среда и здоровье населения Владивостока. Владивосток: Дальнаука, 1998.

Проблемы экологии и рационального природопользования Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2000.

Урусов В.М. Генезис растительности и рациональное природопользование на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВО РАН, 1988.

Урусов В.М. География биологического разнообразия Дальнего Востока (сосудистые растения). Владивосток: Дальнаука, 1996.

Урусов В.М. Дальний Восток: природопользование в уникальном ландшафте. Владивосток: Дальнаука, 2000.

Ресурсы Интернет:

<http://gke.wl.dvgu.ru>

<http://www.eco.vladnews.ru/arch/0102/txt04.html>

<http://www.forestguard.ru>

<http://www.wf.ru/gef-brief.html>

## **Тема 19. Состояние экосистем прибрежных вод Приморья**

Прибрежно-морские экосистемы. Ценнейшие представители ихтиофауны: лососевые рыбы, минтай, сельдь, сайра, анчоус, сардина, палтус, кальмары, морские ежи, трепанги, морские водоросли. Проблема истощения биоресурсов. Глобальные изменения климато-океанологического режима, космогеофизических факторов и усиление рыбного промысла частными компаниями. Хищническое уничтожение прибрежной акватории моря. Единственный в стране морской государственный заповедник. Состояние уникальных экосистем пресных водоемов Приморья. Водно-болотные угодья оз. Ханки.

### **Дополнительная литература**

Двенадцать разгневанных стихий (Журналисты Дальнего Востока об экологических проблемах региона). Владивосток: Дальнаука, 1999.

Донные ландшафты Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987.

Долговременная программа охраны ресурсов и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 года. Владивосток: ДВО РАН, 1993.

Долотов Ю.С. Проблемы рационального использования прибрежных областей Мирового океана. М.: Научный мир, 1996.

Окружающая среда и здоровье населения Владивостока. Владивосток: Дальнаука, 1998.

Петренко В.С. Экологические аспекты изучения берегов Приморья // Береговая зона Дальневосточных морей. Л.: ГО СССР, 1991.

Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами). Владивосток: Дальнаука, 2000.

Проблемы экологии и рационального природопользования Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2000.

## **Тема 20. Экологические проблемы г. Владивостока**

Общая характеристика природной среды. Индикаторы антропогенного загрязнения. Степень и виды загрязнения среды. Последствия загрязнения среды и принятие мер оздоровления.

### **Дополнительная литература**

Бакланов П.Я. Дальневосточный регион России: проблемы и перспективы устойчивого развития. Владивосток: Дальнаука, 2001.

Двенадцать разгневанных стихий (Журналисты Дальнего Востока об экологических проблемах региона). Владивосток: Дальнаука, 1999.

Окружающая среда и здоровье населения Владивостока. Владивосток: Дальнаука, 1998.

Проблемы экологии и рационального природопользования Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2000.

Старов О.Г., Василевская Л.Н. Эколого-геохимическая характеристика города Владивостока. Фонды Приморгеолкома. Владивосток, 1992.

## **Тема 21. Глобальные проблемы экологии**

Глобальные проблемы человечества. Демографическая проблема. Энерго-сырьевая проблема. Продовольственная проблема. Проблема социально-экономической отсталости развивающихся стран.

### **Дополнительная литература**

Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? / Арский Ю.М., Данилов-Данильян В.И., Залиханов М.Ч. и др. М.: МНЭПУ, 1997.

Гиренок Ф.И. Экология, цивилизация, ноосфера. М.: Наука, 1987.

Глобальные проблемы и общечеловеческие ценности. М.: Прогресс, 1990.

Глобальная экологическая проблема. М.: Прогресс, 1988.

Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М.: Наука, 1990.

Монин А.С., Шишков Ю.А. Глобальные экологические проблемы. Ч. 1–2. М.: Знание, 1991.

Скиннер Б. Хватит ли человечеству земных ресурсов? М.: Мир, 1989.

Экологические уроки прошлого и современность. Л.: Наука, 1991.

## **Тема 22. Пути решения экологических проблем**

Основные эколого-экономические принципы. Принцип стоимости упущенных возможностей. Принцип «загрязнитель платит». Принцип долгосрочной перспективы. Принцип взаимозависимости. Принцип «пользователь платит». Экологические методы охраны окружающей среды.

### **Дополнительная литература**

Баландин Р.К., Бондарев Л.Г. Природа и цивилизация. М.: Мысль, 1988.

Гиренок Ф.И. Экология, цивилизация, ноосфера. М.: Наука, 1987.

Глобальная экологическая проблема. М.: Прогресс, 1988.

Дрейер О.К., Лось В.А. Экология и устойчивое развитие. М.: УРАО, 1997.

Монин А.С., Шишков Ю.А. Глобальные экологические проблемы. Ч. 1–2. М.: Знание, 1991.

Наше общее будущее. Доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию. М.: Прогресс, 1988.

Экологические уроки прошлого и современность. Л.: Наука, 1991.

# ЧАСТЬ II. УЧЕБНО-ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ

## Конспект лекций по курсу «Экология»

### Тема 1. Предмет и объекты изучения экологии

#### 1. Значение экологии как науки в современном миропонимании.

Слово «экология» стало очень популярным в последнее время. Оно ежедневно мелькает на страницах газет и журналов, мы часто слышим его по радио и телевидению. Такая популярность экологии связана с угрожающим состоянием отношений между человеком и остальной биосферой, с проблемами охраны природы, или, как стало модно говорить, с «окружающей средой».

Отметим, что экология в первоначальном ее понимании – не есть наука об охране окружающей среды, хотя без хорошего знания экологии вряд ли возможны крупные природоохранные мероприятия.

Что же такое ЭКОЛОГИЯ. На этот вопрос легче было бы ответить лет двадцать назад, когда слово экология использовалось только биологами. Точного определения не было, но все сходились на том, что экология – это наука о взаимоотношениях организма и среды обитания. С легкой руки непрофессионалов это слово стало употребляться для обозначения всех форм взаимосвязи человека и окружающей среды, в том числе и создаваемой самим человеком. Это слово оказалось настолько удобным и емким, что им подменили такие дисциплины, как охрана окружающей среды, рациональное природопользование. Слово приобрело даже важный социальный и политический смысл (экология города, экология культуры, Гринпис, партия зеленых). Может быть и не надо протестовать против подобных применений этого слова, поскольку они служат благородным целям.

**2. Определение экологии.** Слово «экология» предложено и использовано немецким ученым-биологом Эрнстом Геккелем в его работе «Всеобщая морфология организмов» (1866 г). Происходит от двух греческих слов: oikos (дом, жилище) и logos (наука). В буквальном смысле слова – это наука о местообитании. Существует множество определений понятия «экология», зависящие от научной предвзятости ученого. Но все они сводятся к фундаментальной основе – условиям существования живых организмов. Итак, экология – **это наука об условиях существования организмов во взаимосвязях как между собой, так и с окружающей средой.** Между живыми организмами и средой обитания происходит обмен информацией и энергией.

**3. Методы экологии** и подразделения. Экология пользуется методами и понятиями других биологических наук, а также математики, фи-

зики, химии, поэтому некоторые считают экологию не особой наукой, а «точкой зрения». Но подобные замечания справедливы и для других наук, в том числе и биологических. Вместе с тем многие методы, понятия, проблемы свойственны исключительно для экологии. Так, если исследования в **аутэкологии** близки исследованиям в физиологии или биогеографии, то изучение популяций и биоценозов всецело относится к компетенции экологии. Если мы переходим на уровень изучения экосистем и сообществ организмов, то мы переходим в область **синэкологии**. Условия существования популяций, взаимосвязи популяций со средой, динамику популяций и структуру изучает **популяционная экология**, где, наряду с методами наблюдения и описания, используются методы математической статистики.

**4. Предмет и объект экологии.** Экология занимается изучением организма во всей совокупности его взаимоотношений со средой. Таким образом, предметом экологии являются – популяции видов, а объектом – взаимоотношения этих популяций с живой (другие организмы) и неживой природой.

Казалось бы, этим же занимается и физиология, но, как отмечает Плантефоль: физиолог изучает организм, помещенный в искусственные условия. Эколог же рассматривает организм не в теоретически созданной среде (всегда себе подобной вплоть до отдельного фактора), а в окружающем мире, в котором действуют постоянно меняющиеся силы. Существует масса примеров несоответствия результатов, полученных в лабораторных условиях, и наблюдаемых в природе. Например, размножение диатомовых водорослей в культуре. Разумеется, приведенные факты не означают, что лабораторные исследования не представляют интереса. Напротив, они необходимы, но нельзя бездумно внедрять в природу результаты экспериментов.

Из всего вышесказанного вы согласитесь с мнением другого французского исследователя Лабейри, что **экология – это все-таки наука о реальном**. Это естественная наука, но вид исследуется экологией не на уровне отдельно взятой особи (особь остается объектом исследования морфологии, систематики, физиологии), а всей популяции, т.е. совокупности особей, которая занимает определенную территорию и обновляется во времени. Для выделения вида как основной структурной единицы живого вещества используются два подхода. Вид может определяться как совокупность организмов, обладающих единством морфологических признаков (морфологический вид). Другой подход базируется на особенностях биологии размножения и экологии (биологический вид). Вид – это совокупность сходных между собой особей, способных к скрещиванию с образованием плодового потомства и в репродуктив-

ном отношении изолированных от других сходных совокупностей особей. Вид обладает единым геномом и ареалом. В экологическом отношении для особей одного вида характерны одни и те же взаимоотношения со средой обитания (единство ареала). Вид состоит из популяций особей.

Положение экологии в системе естественных наук обеспечивает ее теснейшую связь с биологией (систематика, зоология, ботаника, физиология, генетика и др.), географией (ландшафтоведение, биогеография, климатология, медицинская география, демография и др.), медициной (гигиена, токсикология, бактериология, эпидемиология и др.), с социальными науками (социология, психология, лингвистика, экономика и др.), с рядом правовых (экологическое право) и естественных наук (физика, химия, математика и кибернетика).

**5. История становления экологических знаний.** Люди, сами часто того не подразумевая, занимаются экологическими наблюдениями: рыбак знает, где ловится та или иная рыба; грибник, где растут определенные грибы; собиратель растений – те или иные растения. Этими эмпирическими наблюдениями обладал уже доисторический человек. С античных времен многие естествоиспытатели обращали свое внимание на взаимодействие организмов и влияние на них среды. В своих научных трактатах философы античности Аристотель, Теофраст сообщали об изменении в поведении животных в зависимости от сезона года, о приуроченности отдельных видов растений к конкретным почвенным и климатическим условиям. Эпоха Возрождения с ее великими географическими открытиями значительно расширила познания людей того времени. Из дальних краев привозили диких животных и растений, а следовательно, предпринимались попытки акклиматизации этих организмов в новых условиях.

Накопившийся огромный материал по систематике животных и растений требовал наведения порядка в этом хаосе. Огромную роль в разрешении этой проблемы сыграл труд «Система природы» Карла Линнея, который увидел свет в 1735 году.

Не оставались в стороне и российские исследователи. В XVIII в. были организованы многочисленные экспедиции по неизведанным краям. Результатом их явились: «Описание земли Камчатки» Степана Крашенинникова, капитальный труд, посвященный описанию образа жизни млекопитающих и птиц российской Азии Петра Палласа.

Заканчивая краткий обзор этого периода, явившегося в основном этапом накопления флористических и фаунистических сведений, назовем имена еще нескольких крупных ученых. Это французские естествоиспытатели – Жорж Бюффон и Жан Батист Ламарк. Бюффон рассмотрел проблему влияния внешних условий на строение животных. А Ламарк –

автор первого эволюционного учения – одной из основных причин эволюции организмов считал внешние условия.

И, наконец, немецкий ученый-путешественник, географ и естествоиспытатель – Александр Гумбольдт. Он обобщил картину распределения растительного покрова по земному шару, систематизировал ботанико-географические знания, обосновал идею географической зональности и вертикальной поясности растительности, установил физиономические типы растений, тем самым предвосхитил понятие жизненных форм. Именно с работ А. Гумбольдта начинается биогеография.

Итак, взаимоотношения организмов и влияние на них среды всецело владеют умами многих перечисленных нами и еще большего количества неупомянутых ученых. Однако сконцентрировался на этой проблеме Чарльз Дарвин в своей работе «Происхождение видов». Эта работа, сделавшая переворот в естествознании, поделила ученых того времени на два лагеря: эволюционистов и не эволюционистов. И одним из первых последователей Ч. Дарвина оказался Э. Геккель. В 1862 году 28-летний Геккель опубликовал монографию «Радиолярии», в которой содержалось первое признание теории Дарвина. А несколько лет спустя вышла в свет его книга «Всеобщая морфология организмов», в которой было дано определение экологии как науки, уточнены задачи экологии, ее положение в системе биологических наук. Поэтому дату 14 сентября 1866 года принимают за официальный день крещения экологии. Подобно Дарвину Геккель во главу угла ставил взаимодействие организмов друг с другом, т.е. биотические отношения. Однако в противоположность Дарвину большое внимание уделял значению неорганической среды. В своей работе Геккель также рассматривает следующие проблемы: о сообществах организмов, о колебаниях численности организмов, об экологических нишах, об адаптации, т.е. приспособлении организмов к среде обитания. Геккель – широкий естествоиспытатель – оставил миру не только понятие экологии. Он ввел и раскрыл суть очень многих проблем теоретической и практической биологии. Одни ценили его как широкого морского зоолога, другие называли интерпретатором и популяризатором идей Дарвина, мастером на изобретение новых терминов, «придумавшим» удачное название давно известной науке. Однако удачно назвать – это точно определить суть явления. Это удачное название оказало глубокое организующее и стимулирующее воздействие на формирование экологии как науки в целом.

Всякая наука становится действительно наукой лишь тогда, когда она поднимается до уровня обобщений, установления закономерностей, правил, законов, когда она, наконец, может предсказать развитие событий.

**Российские основоположники экологии.** Среди биологов середины XIX века особое место занимает профессор Московского университета Карл Францевич Рулье, которого считают основоположником отечественной экологии животных. В основе теоретических представлений Рулье лежало признание исторического, эволюционного развития органического мира и его неразрывной связи с окружающей природой. Он рассмотрел многие специальные вопросы экологии. Дал определение такому фундаментальному понятию, как среда; предложил классификацию факторов, в числе которых выделял физические, биологические и антропогенные. Он выделял аутэкологические закономерности, как он писал «жизнь особи», подразумевая под этим взаимоотношение конкретного индивидуума с неживой природой. И биоценотические закономерности или «жизнь общую», здесь имелись в виду взаимоотношения организмов друг с другом.

Рулье был ученым-просветителем. Он сумел донести суть своих взглядов не только до специалистов, но и раскрыть ее широкому кругу интеллигенции. Рулье был создателем первой в России школы биологов-эволюционистов.

Одним из последователей Рулье был Николай Алексеевич Северцев, который на основе глубокого и всестороннего анализа большого фактического материала, собранного в Воронежской губернии, проследил динамику изменения группировок животных на протяжении ряда лет, по сезонам, в течение суток. И тем самым выявил тесную взаимосвязь между организмами.

В 40–50-х гг. развернулась деятельность еще одного крупного российского зоолога широкого профиля – Александра Федоровича Миддендорфа. Он участвовал в экспедициях в Якутию, на Кольский п-ов, Таймыр и Дальний Восток. Целью этих экспедиций было выяснение не только видового состава сибирской фауны и флоры, но и изучение условий существования организмов в арктических и субарктических районах Сибири, особенностей их строения и образа жизни.

Во второй половине XIX века экологические исследования были связаны с изучением образа жизни животных и растений и их адаптации к климатическим условиям.

Так, американский зоолог Дж. Аллен выявил ряд закономерностей в изменении пропорции тела и окраски североамериканских птиц в связи с географическими различиями. По правилу Аллена, в пределах ареала вида выступающие части тела теплокровных животных (конечности, хвост, уши и др.) относительно увеличиваются по мере продвижения от севера к югу.

Стройную классификацию приспособлений растений к среде, особенно температуре и свету, разработал в 60-е годы основоположник российской ботаники А.Н. Бекетов.

В 1910 году в Брюсселе состоялся III Ботанический конгресс, на котором экология растений официально разделилась на экологию осо-

бей и экологию сообществ. По предложению швейцарского ботаника К. Шретера экология особей была названа аутэкологией (от греч. *autos* – сам), а экология сообществ – синэкологией (от греч. приставки *sin* – вместе). Это деление распространилось вскоре и на экологию животных, а также и на общую экологию.

Становление биоценологических представлений и возникновение геоботаники как науки, изучающей сообщества растений, связано с именами крупных отечественных ботаников И.К. Пачоского, П.Н. Крылова. Исключительную роль на формирование отечественной геоботаники оказали труды В.В. Докучаева. Он внес в геоботанику идеи всеобщей связи элементов природы, непрерывного развития естественных комплексов, их зональности. Труды В.В. Докучаева явились итогом комплексных исследований природы степей, проводившихся под его руководством почвоведом, геоботаниками, ботаниками, гидрологами, метеорологами и др. специалистами.

Иосиф Кондратович Пачоский занимался изучением растительных формаций. Он распространял выводы о естественности неравенства в растительном сообществе (растения нижних ярусов, например) на человеческое общество, что не могло быть признано официальной идеологией молодой Советской республики.

Изучением лесных экосистем занимался Георгий Федорович Морозов. Он ввел понятие о типах леса, охарактеризовал их и очень детально описал смены одного типа другим вследствие пожаров, вырубок и др. воздействий на лес.

Виднейшим представителем морозовской школы, продолжателем учения о растительных сообществах был Владимир Николаевич Сукачев. Именно он предложил термин «биоценоз», который понимал как органическое целое растительного сообщества и населяющего его животного мира. Им же в науку был введен термин «биогеоценоз», отражающий единство биотических и абиотических компонентов.

С именем Владимира Владимировича Станчинского связывается начало трофодинамических исследований сообществ. Он обратился к пищевым цепям как критерию природных границ между сообществами, разработал математическую модель, описывающую годовой энергетический бюджет теоретического биоценоза.

Основоположником популяционной экологии считают английского ученого Ч. Элтона, книга которого «Экология животных» переключила внимание с отдельного организма на популяцию, которую следует изучать самостоятельно. Центральными проблемами популяционной экологии стали проблемы внутривидовой организации и динамики численности.

В развитие популяционной экологии свой вклад внесли и отечественные ученые. Это Н.В. Тимофеев-Рессовский, предложивший понятие популяционные волны, С.А. Северцов, Н.П. Наумов, А.В. Яблоков и др.

## Тема 2. Определение понятия «экологические факторы»

**1. Общие положения.** Среда – это все, что окружает организм, т.е. это та часть природы, с которой организм находится в прямых или косвенных взаимодействиях.

Под *средой* мы понимаем комплекс окружающих условий, влияющих на жизнедеятельность организмов. Комплекс условий складывается из разнообразных элементов – **факторов среды**. Не все из них с одинаковой силой влияют на организмы. Так, сильный ветер зимой неблагоприятен для крупных, обитающих открыто животных, но он не действует на более мелких, которые укрываются под снегом или в норах, либо живут в земле. Те факторы, которые оказывают какое-либо действие на организмы и вызывают у них приспособительные реакции, называются **экологическими факторами**.

Влияние экологических факторов сказывается на всех процессах жизнедеятельности организмов и, прежде всего, на их обмене вещества. Приспособления организмов к среде носят название *адаптаций*. Способность к адаптации – одно из основных свойств жизни вообще, так как обеспечивает самую возможность ее существования, возможность организмов выжить и размножаться.

**2. Классификация экологических факторов.** Экологические факторы имеют разную природу и специфику действия. По своему характеру они подразделены на две крупные группы: абиотические и биотические. Если мы будем подразделять факторы по причинам их возникновения, то они могут быть подразделены на природные (естественные) и антропогенные. Антропогенные факторы могут также быть абиотическими и биотическими.

*Абиотические факторы* (или физико-химические факторы) – температура, свет, рН среды, соленость, радиоактивное излучение, давление, влажность воздуха, ветер, течения. Это все свойства неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на живые организмы.

*Биотические факторы* – это формы воздействия живых существ друг на друга. Окружающий органический мир – составная часть среды каждого живого существа. Взаимные связи организмов – основа существования популяций и биоценозов.

*Антропогенные факторы* – это формы действия человека, которые приводят к изменению природы как среды обитания других видов или непосредственно сказываются на их жизни.

Действие экологических факторов может приводить:

- к устранению видов с биотопов (смена биотопа, территории, сдвиг ареала популяции; пример: миграции птиц);
- к изменению плодовитости (плотности популяций, репродукционные пики) и смертности (смерть при быстрых и резких изменениях условий окружающей среды);

– к фенотипической изменчивости и адаптации: модификационная изменчивость – адаптивные модификации, зимняя и летняя спячка, фотопериодические реакции и т.п.

### **3. Лимитирующие факторы. Законы Шелфорда и Либиха**

*Реакция организма* на воздействие фактора обусловлена дозировкой этого фактора. Очень часто фактор среды, особенно абиотический, переносится организмом лишь в определенных пределах. Наиболее эффективно действие фактора при некоторой оптимальной для данного организма величине. Диапазон действия экологического фактора ограничен соответствующими крайними пороговыми значениями (точками минимума и максимума) данного фактора, при котором возможно существование организма. Максимально и минимально переносимые значения фактора – это критические точки, за пределами которых наступает смерть. Пределы выносливости между критическими точками называют *экологической валентностью* или *толерантностью* живых существ по отношению к конкретному фактору среды. Распределение плотности популяции подчиняется нормальному распределению. Плотность популяции тем выше, чем ближе значение фактора к среднему значению, которое называется экологическим оптимумом вида по данному параметру. Такой закон распределения плотности популяции, а следовательно, и жизненной активности получил название общего закона биологической стойкости.

Диапазон благоприятного воздействия фактора на организмы данного вида называется *зоной оптимума* (или зоной комфорта). Точки оптимума, минимума и максимума составляют три кардинальные точки, определяющие возможность реакции организма на данный фактор. Чем сильнее отклонение от оптимума, тем больше выражено угнетающее действие данного фактора на организм. Этот диапазон величины фактора называется *зоной пессимума* (или зоной угнетения). Рассмотренные закономерности воздействия фактора на организм известно, как ***правило оптимума***.

Установлены и другие закономерности, характеризующие взаимодействия организма и среды. Одна из них была установлена немецким химиком Ю. Либихом в 1840 году и получила название **закона минимума Либиха**, согласно которому рост растений ограничивается нехваткой единственного биогенного элемента, концентрация которого лежит в минимуме. Если другие элементы будут содержаться в достаточном количестве, а концентрация этого единственного элемента опустится ниже нормы, растение погибнет. Такие элементы получили название лимитирующих факторов. Итак, существование и выносливость организма определяются самым слабым звеном в комплексе его экологических потребностей. Или относительное действие фактора на организм тем больше, чем больше этот фактор приближается к минимуму по

сравнению с прочими. Величина урожая определяется наличием в почве того из элементов питания, потребность в котором удовлетворена меньше всего, т.е. данный элемент находится в минимальном количестве. По мере повышения его содержания урожай будет возрастать, пока в минимуме не окажется другой элемент.

Позднее закон минимума стал трактоваться более широко, и в настоящее время говорят о лимитирующих экологических факторах. Экологический фактор играет роль лимитирующего в том случае, когда он отсутствует или находится ниже критического уровня, или превосходит максимально выносимый предел. Иными словами, этот фактор обуславливает возможность организма в попытке вторгнуться в ту или иную среду. Одни и те же факторы могут быть или лимитирующими или нет. Пример со светом: для большинства растений это необходимый фактор как поставщик энергии для фотосинтеза, тогда как для грибов или глубоководных и почвенных животных этот фактор не обязателен. Фосфаты в морской воде – лимитирующий фактор развития планктона. Кислород в почве не лимитирующий фактор, а в воде – лимитирующий.

Следствие из закона Либиха: недостаток или чрезмерное обилие какого-либо лимитирующего фактора, может компенсироваться другим фактором, изменяющим отношение организма к лимитирующему фактору.

Однако ограничивающее значение имеют не только те факторы, которые находятся в минимуме. Впервые представление о лимитирующем влиянии максимального значения фактора наравне с минимумом было высказано в 1913 году американским зоологом В. Шелфордом. Согласно сформулированному **закону толерантности Шелфорда** существование вида определяется как недостатком, так и избытком любого из факторов, имеющих уровень, близкий к пределу переносимости данным организмом. В связи с этим все факторы, уровень которых приближается к пределу выносливости организма, называются *лимитирующими*.

**4. Периодичность действия экологических факторов.** Действие фактора может быть: 1) регулярно-периодическим, меняющим силу воздействия в связи со временем суток, сезона года или ритмом приливов и отливов в океане; 2) нерегулярным, без четкой периодичности, например катастрофические явления – бури, ливни, смерчи и т.д.; 3) направленным на протяжении известных отрезков времени, например, глобальные похолодания, или зарастание водоемов.

Организмы всегда приспосабливаются ко всему комплексу условий, а не к одному какому-либо фактору. Но в комплексном действии среды значение отдельных факторов неравноценно. Факторы могут быть ведущими (главными) и второстепенными. Ведущие факторы различаются для разных организмов, даже если они и живут в одном месте. Они различаются и для одного организма в разные периоды его жизни. Так, для ранневесенних растений ведущим фактором является свет, а после цветения – влага и достаток питательных веществ.

**Первичные** периодические факторы (дневная, лунная, сезонная, годовая) – происходит адаптация организмов, укоренившаяся в наследственной основе (генофонде), поскольку эта периодичность существовала до появления жизни на Земле. Климатическая зональность, температура, приливы и отливы, освещенность. Именно с первичными периодическими факторами связаны климатические зоны, которые определяют распространение видов на Земле.

**Вторичные** периодические факторы. Факторы, являющиеся следствием изменений первичных факторов (температура – влажность, температура – соленость, температура – время суток).

**5. Абиотические факторы.** Универсальные группы: климатические, эдафические, факторы водной среды. В природе существует общее взаимодействие факторов. Принцип обратной связи: выброс токсических веществ уничтожил лес – изменение микроклимата – изменение экосистемы.

1) **Климатические факторы.** Зависят от главных факторов: широты и положения континентов. Климатическая зональность привела к формированию биогеографических зон и поясов (зона тундр, зона степей, зона тайги, зона широколиственных лесов, зона пустынь и саванн, зона субтропических лесов, зона тропических лесов). В океане выделяются арктическо-антарктическая, бореальная, субтропическая и тропическо-экваториальная зоны. Есть множество вторичных факторов. Например, зоны муссонного климата, формирующие уникальный животный и растительный мир. Широта наиболее сильно сказывается на температуре. Положение континентов – причина сухости или влажности климата. Внутренние области суше периферийных, что сильно влияет на дифференциацию животных и растений на материках. Ветровой режим (составная часть климатического фактора) играет чрезвычайно важную роль в формировании жизненных форм растений.

Важнейшие климатические факторы: температура, влажность, свет.

**Температура.** Все живое – в температурном диапазоне – от  $0^0$  до  $50^0$  С. Это летальные температуры. Исключения. Космический холод. Эвритермные<sup>1</sup> и стенотермные организмы. Холодолобивые стенотермные и теплолюбивые стенотермные. Абиссальная среда ( $0^{\circ}$ ) – самая постоянная среда. Биогеографическая зональность (арктические, бореальные, субтропические и тропические). Пойкилотермные организмы – холодноводные с непостоянной температурой. Температура тела приближается к температуре среды. Гомойотермные – теплокровные организмы с относительно постоянной внутренней температурой. Эти организмы обладают большими преимуществами в использовании среды.

**Влажность.** Вода в почве и вода в воздухе – факторы, имеющие огромное значение в жизни органического мира.

---

<sup>1</sup> От: эври – широкий и стено – узкий диапазон температур

Гидробионты (водные) – обитают только в воде. Гидрофилы (гидрофиты) – очень влажные среды (лягушки, дождевые черви). Ксерофилы (ксерофиты) – обитатели засушливого климата.

**Свет.** Определяет существование автотрофных организмов (синтез хлорофилла), составляющих важнейший уровень в трофических цепях. Но есть растения и без хлорофилла (грибы, бактерии – сапрофиты, некоторые орхидеи).

2) **Эдафические факторы.** Все физические и химические свойства почв. Главным образом воздействуют на обитателей почв.

3) **Факторы водной среды.** Температура, давление, химический состав (кислород, соленость). По степени концентрации солей в водной среде организмы бывают: пресноводные, солоноводные, морские эвригалинные и стеногалинные (т.е. живущие в условиях широкого и узкого диапазона солености соответственно). По температурному фактору организмы подразделяются на холодноводных и тепловодных, а также группу космополитов. По образу жизни в водной среде (глубина, давление) организмы подразделены на планктонные, бентосные, глубоководные и мелководные.

**6. Биотические факторы.** Это факторы, контролирующие взаимоотношения организмов в популяциях или сообществах. Выделяют два основных типа таких отношений:

– внутривидовые – популяционные и межпопуляционные (демографические, этологические);

– межвидовые (хищник-жертва, паразитизм, симбиоз, комменсализм и др.).

**7. Антропогенные факторы.** Хотя человек влияет на живую природу через изменение абиотических факторов и биотических связей видов, деятельность людей на планете выделяют в особую силу. Основными способами антропогенного влияния являются: завоз растений и животных, сокращение ареалов и уничтожение видов, непосредственное воздействие на растительный покров, распашка земель, вырубка и выжигание лесов, выпас домашних животных, выкашивание, осушение, орошение и обводнение, загрязнение атмосферы, создание рудеральных мест обитания (мусорные свалки, пустыри) и отвалов, создание культурных фитоценозов. К этому следует добавить многообразные формы растениеводческой и животноводческой деятельности, мероприятия по защите растений, охране редких и экзотических видов, промысел животных, их акклиматизацию и т.п. Влияние антропогенного фактора с момента появления человека на Земле постоянно усиливалось. В настоящее время судьба живого покрова нашей планеты и всех видов организмов находится в руках человеческого общества, зависит от антропогенного влияния на природу.

### Тема 3. Экологическая роль абиотических и биотических факторов

**1. Абиотические факторы.** К этой категории факторов относятся все физические и химические характеристики среды. Это свет и температура, влажность и давление, химизм воды, атмосферы и почв, это и характер рельефа и состав горных пород, ветровой режим. Наиболее сильнодействующей является группа факторов, объединенная как *климатические* факторы. Они зависят от широты и положения континентов. Есть множество вторичных факторов. Широта наиболее сильно сказывается на температуре и световом периоде. Положение континентов есть причина сухости или влажности климата. Внутренние области суши периферийных, что сильно влияет на дифференциацию животных и растений на материках. Ветровой режим как одна из составных частей климатического фактора играет чрезвычайно важную роль в формировании жизненных форм растений.

Глобальный климат – климат планеты, определяющий функционирование и биоразнообразие биосферы. Региональный климат – климат континентов и океанов, а также крупных их топографических подразделений. Местный климат – климат соподчиненных ландшафтно-региональных социально-географических структур: климат г. Владивостока, климат бассейна реки Партизанская. Микроклимат (под камнем, вне камня, роща, поляна).

Важнейшие климатические факторы: свет, температура, влажность.

**Свет** является важнейшим источником энергии на нашей планете. Если для животных свет по своему значению уступает температуре и влажности, то для фотосинтезирующих растений он является важнейшим.

Основным источником света является Солнце. Основные свойства лучистой энергии как экологического фактора определяются длиной волны. В пределах излучения различают видимый свет, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, радиоволны, проникающую радиацию.

Для растений важны оранжево-красные, сине-фиолетовые и ультрафиолетовые лучи. Желто-зеленые лучи либо отражаются растениями, либо поглощаются в незначительных количествах. Отраженные лучи и придают растениям зеленую окраску. Ультрафиолетовые лучи оказывают на живые организмы химическое действие (изменяют скорость и направление биохимических реакций), а инфракрасные лучи – тепловое.

Многие растения обладают фототропической реакцией на свет. *Тропизм* – это направленное движение и ориентация растений, например, подсолнечник «следит» за солнцем.

Кроме качества световых лучей большое значение имеет и количество падающего на растение света. Интенсивность освещения зависит

от географической широты местности, от сезона, времени суток, от облачности и местной запыленности атмосферы. Зависимость тепловой энергии от широты местности показывает, что свет является одним из климатических факторов.

Жизнь многих растений зависит от фотопериода. День сменяется ночью и растения прекращают синтезировать хлорофилл. Полярный день заменяется полярной ночью и растения и многие животные перестают активно функционировать и замирают (зимняя спячка).

По отношению к свету растения разделяются на три группы: светолюбивые, тенелюбивые и теневыносливые. *Светолюбивые* могут нормально развиваться лишь при достаточном освещении, они не переносят или переносят плохо даже незначительное затемнение. *Тенелюбивые* встречаются только в затененных местах и никогда не встречаются в условиях сильной освещенности. *Теневыносливые* растения характеризуются широкой экологической амплитудой по отношению к световому фактору.

**Температура** относится к числу важнейших климатических факторов. От нее зависит уровень и интенсивность обмена веществ, фотосинтеза и других биохимических и физиологических процессов.

Жизнь на земле существует в широком диапазоне температур. Наиболее приемлемый для жизни диапазон температур от  $0^{\circ}$  до  $50^{\circ}$  C. Для большинства организмов – это летальные температуры. Исключения: многие северные животные, где наблюдается смена сезонов, способны переносить зимние минусовые температуры. Растения способны переносить минусовые зимние температуры, когда замирает их активная деятельность. Некоторые семена, споры и пыльца растений, нематоды, коловратки, цисты простейших выносили в экспериментальных условиях температуру –  $190^{\circ}$  C и даже –  $273^{\circ}$  C. Но все-таки большинство живых существ способно жить при температуре между 0 и  $50^{\circ}$  C. Это определяется свойствами белков и активностью ферментов. Одним из приспособлений переносить неблагоприятные температуры является *анабиоз* – приостановка жизненных процессов организма.

Наоборот, в жарких странах нормой жизни являются достаточно высокие температуры. Известен ряд микроорганизмов, способных жить в источниках с температурой выше  $70^{\circ}$  C. Споры некоторых бактерий способны выдерживать кратковременное нагревание и до  $160\text{--}180^{\circ}$  C.

*Эвритермные и стенотермные организмы* – организмы, чье функционирование связано с широкими и узкими температурными градиентами соответственно. Абиссальная среда ( $0^{\circ}$ ) – самая постоянная среда.

*Биогеографическая зональность* (арктические, бореальные, субтропические и тропические зоны) во многом определяет состав биотопозов и экосистем. Аналогом климатического распределения по широтному фактору может служить горная поясность.

По соотношению температур тела животного и температур окружающей среды организмы подразделяются на:

- *пойкилотермные* организмы – холодноводные с непостоянной температурой. Температура тела приближается к температуре среды;
- *гомойотермные* – теплокровные организмы с относительно постоянной внутренней температурой. Эти организмы обладают большими преимуществами в использовании среды.

По отношению к температурному фактору виды разделяются на следующие экологические группы:

виды, предпочитающие холод, относятся к *криофилам* и *криофитам*.

виды с оптимумом деятельности в области высоких температур относятся к *термофилам* и *термофитам*.

**Влажность.** Все биохимические процессы в организмах протекают в водной среде. Вода необходима для поддержания структурной целостности клеток всего организма. Она принимает непосредственное участие в процессе образования первичных продуктов фотосинтеза.

Влажность определяется количеством атмосферных осадков. Распределение осадков зависит от географической широты, близости больших водных пространств, рельефа местности. Количество выпадающих осадков неравномерно распределяется в течение года. Кроме того, надо учитывать и характер выпадающих осадков. Летний моросящий дождь лучше увлажняет почву, чем ливень, несущий потоки воды, не успевающие впитаться в почву.

Растения, обитающие в различных по влагообеспеченности областях, по-разному приспосабливаются к недостатку или избытку влаги. Регуляция водного баланса в организме растений засушливых регионов осуществляется за счет развития мощной корневой системы и сосущей силы клеток корня, а также уменьшения испаряющей поверхности. Многие растения на сухой период сбрасывают листья и даже целые побеги (саксаул), иногда происходит частичная или даже полная редукция листьев. Своеобразным приспособлением к сухому климату является ритм развития некоторых растений. Так, эфемеры, используя весеннюю влагу, успевают в очень короткий срок (15-20 дней) прорасти, развить листья, отцвести и сформировать плоды и семена, с наступлением засухи они отмирают. Противостоять засухе помогает и способность многих растений накапливать влагу в своих вегетативных органах – листьях, стеблях, корнях.

По отношению к влажности выделяют следующие экологические группы растений. *Гидрофиты*, или *гидробионты*, – растения, для которых вода является средой жизни.

*Гигрофиты* – растения, живущие в местах, где воздух насыщен водяными парами, а почва содержит много капельножидкой влаги – на

заливных лугах, болотах, в сырых тенистых местах в лесах, на берегах рек и озер. Гигрофиты испаряют очень много влаги за счет устьиц, которые нередко располагаются на обеих сторонах листа. Корни малоразветвленные, листья большие.

*Мезофиты* – растения умеренно увлажненных местообитаний. К ним относятся луговые травы, все лиственные деревья, многие полевые культуры, овощные, плодово-ягодные. Они имеют хорошо развитую корневую систему, большие листья с устьицами на одной стороне.

*Ксерофиты* – растения, приспособившиеся к жизни в местах с засушливым климатом. Они распространены в степях, пустынях и полупустынях. Ксерофиты делятся на две группы: суккуленты и склерофиты.

*Суккуленты* (от лат. *succulentus* – сочный, жирный, толстый) – это многолетние растения с сочными мясистыми стеблями или листьями, в которых запасается вода.

*Склерофиты* (от греч. *skleros* – твердый, сухой) – это типчак, ковыль, саксаул и другие растения. Листья и стебли их не содержат запаса воды, кажутся суховатыми, благодаря большому количеству механической ткани, листья их твердые и жесткие.

В распространении растений большое значение могут иметь и другие факторы, например *характер и свойства почвы*. Так, существуют растения, определяющим экологическим фактором для которых является содержание соли в почве. Это *галофиты*. Особую группу составляют любители известковых почв – *кальцефилы*. Такими же «почвоприуроченными» видами являются растения, обитающие на почвах, содержащих тяжелые металлы.

К экологическим факторам, влияющим на жизнь и распределение организмов, можно отнести также состав и движение воздуха, характер рельефа и многие, многие другие.

**2. Биотические факторы. Внутривидовые отношения** определяют взаимоотношение особей внутри популяции или между популяциями. Они иногда похожи на отношения разных видов. Среди них также довольно часто случаются случаи агрессии, когда одна особь убивает и даже пожирает другую (крупные птенцы отбирают пищу). Активная борьба за убежище, территорию известна у многих животных, известны случаи паразитирования самцов на самках и наоборот. Однако обычна и пассивная конкуренция за пищу, убежище и т.д. Часты случаи взаимопомощи и нахлебничества.

Основой внутривидового отбора является внутривидовая борьба. Именно поэтому, как считал Ч. Дарвин, молодых организмов рождается больше, чем достигает зрелого возраста. Вместе с тем преобладание числа рождающихся над числом доживающих до зрелости организмов

компенсирует высокую смертность на ранних стадиях развития. Поэтому, как отмечал С.А. Северцов, величина плодовитости связана со стойкостью вида.

Таким образом, внутривидовые отношения направлены на размножение и расселение вида.

В мире животных и растений существует большое количество приспособлений, облегчающих контакты между особями или, наоборот, предотвращающими их столкновение. Такие взаимные адаптации в пределах вида были названы С.А. Северцовым *конгруэнциями*. Так, в результате взаимных приспособлений особи имеют характерную морфологию, экологию, поведение, которые обеспечивают встречу полов, успешное спаривание, размножение и воспитание потомства. Установлено пять групп конгруэнций:

- эмбрионы или личинки и родительские особи (сумчатые);
- особи разного пола (половые аппараты самцов и самок);
- особями одного и того же пола, в основном самцами (рога и зубы самцов, используемые в боях за самку);
- братьями и сестрами одного и того же поколения в связи со стадным образом жизни (пятна, облегчающие ориентировку при бегстве);
- полиморфными особями у колониальных насекомых (специализация особей к выполнению определенных функций).

Целостность вида выражается также в единстве размножающейся популяции, однородности ее химического состава и единстве воздействия на окружающую среду.

*Каннибализм* – этот тип внутривидовых отношений не редок в выведках хищных птиц и зверей. Самые слабые обычно уничтожаются более сильными, а иногда и родителями.

*Саморазреживание* растительных популяций. Внутривидовая конкуренция влияет на рост и распределение биомассы в пределах растительных популяций. По мере роста особи увеличиваются в размерах, возрастают их потребности и как следствие – возрастает конкуренция между ними, что приводит к гибели. Число выживших особей и скорость их роста зависят от плотности популяции. Постепенное уменьшение плотности растущих особей называется самоизреживанием.

Подобное явление наблюдается в лесных насаждениях.

**Межвидовые отношения.** Наиболее важными и часто встречающимися формами и типами межвидовых отношений можно назвать:

*Конкуренция.* Этот тип взаимоотношений определяет *правило Гаузе*. Согласно этому правилу два вида не могут одновременно занимать одну и ту же экологическую нишу и поэтому обязательно вытесняют друг друга. Например, ель вытесняет березу.

*Аллелопатия* – это химическое воздействие одних растений на другие посредством выделения летучих веществ. Носителями аллелопатического действия являются активные вещества – *колины*. Благодаря воздействию этих веществ может отравляться почва, изменяться характер многих физиологических процессов, вместе с тем посредством химических сигналов растения узнают друг друга.

*Симбиоз* это различные формы тесного сожительства разноименных организмов, составляющих симбиотическую систему. По характеру отношений между партнерами выделяется несколько типов симбиоза: комменсализм, паразитизм и мутуализм.

*Мутуализм* – крайняя степень ассоциации между видами, при которой каждый извлекает выгоду из связи с другим. Например, растения и азотфиксирующие бактерии; шляпочные грибы и корни деревьев.

*Комменсализм* – форма симбиоза, при которой один из партнеров (коменсал) использует другого (хозяина) для регуляции своих контактов с внешней средой, но не вступает с ним в тесные отношения. Комменсализм широко развит в экосистемах коралловых рифов – это квартиранство, защита (щупальца актиний защищает рыб), обитание в теле других организмов или на его поверхности (эпифиты).

*Паразитизм* – форма отношений двух различных организмов, принадлежащих к разным видам, носящих антагонистический характер. Здесь один организм – паразит – использует другого – хозяина – в качестве среды обитания или источника пищи.

*Хищничество* – это способ добывания пищи животными (реже растениями), при котором они ловят, умерщвляют и поедают других животных. Хищничество встречается практически у всех типов животных. В ходе эволюции у хищников хорошо развились нервная система и органы чувств, позволяющие обнаруживать и распознавать добычу, а также средства овладения, умерщвления, поедания и переваривания добычи (острые втягивающиеся когти у кошачьих, ядовитые железы многих паукообразных, стрекательные клетки актиний, ферменты, расщепляющие белки и другое). Эволюция хищников и жертв происходит сопряженно. В ходе ее хищники совершенствуют способы нападения, а жертвы – способы защиты.

#### **Тема 4. Концепция экологической ниши**

**1. Общие положения.** Живые существа – как растения, так и животные – многочисленны и разнообразны. Нет никакого сомнения, что это разнообразие и численность организмов определяются факторами среды обитания. Таким образом, каждый вид занимает строго отведенное ему место в географическом пространстве с конкретным набором

физических и химических параметров. Однако положение вида зависит не только от абиотических экологических факторов, но и от связей данного организма с другими организмами как в пределах своего вида, так и с представителями других видов. Волк не будет обитать на тех географических пространствах, даже если набор абиотических факторов весьма для него приемлем, если здесь не будет для него пищевого ресурса. Следовательно, место, которое занимает вид в конкретной среде обитания, должно быть обусловлено не только территорией, но и быть связанным с потребностью в пище и функцией воспроизводства. Каждый из видов, равно как и конкретный организм, в сообществе (биоценозе) имеет свое собственное время пребывания и свое место, которые и отличают его от других видов.

Таким образом, мы встречаемся с различными понятиями. Во-первых, это **ареал** вида – распространение вида в географическом пространстве (географический аспект вида), во-вторых, **местообитание вида (среда обитания или биотоп)** – тип географического пространства по набору физических и химических параметров и (или) биотических характеристик, где обитает вид и, в-третьих, **экологическая ниша**, подразумевающая нечто большее, чем просто место, где обитает данный вид. Вид в различных частях ареала может занимать ряд различных местообитаний.

Лучшее и меткое сравнительное определение экологической ниши и среды дали французские экологи Р. Виберт и К. Лаглер: **среда** – это адрес, по которому проживает данный организм, тогда как **ниша** дополнительно указывает на род его занятий на этом месте, его профессию.

Некоторые экологи более охотно употребляют термин «местообитание», который является почти синонимом «среде обитания», и оба понятия часто перекрывают друг друга, но будем помнить, что «среда обитания» обозначает лишь пространство, где распространен вид. В таком понимании этот термин очень близок к понятию ареала вида.

**2. Местообитание.** Это участок суши или водоема, занятый популяцией одного вида или ее частью и обладающий для ее существования всеми необходимыми условиями (климат, рельеф, почва, питательные вещества). Местообитание вида – это совокупность отвечающих его экологическим требованиям участков в пределах видового ареала. Таким образом, местообитание не что иное, как всего лишь компонент экологической ниши. По широте использования местообитаний различают **стенотопные** и **эвритопные** организмы, т.е. организмы, занимающие конкретные пространства с определенным набором экологических факторов, и организмы, которые существуют в широком диапазоне экологических факторов (космополиты). Если мы говорим об обитании

сообщества организмов или о месте биоценоза, то чаще употребляется термин «биотоп». Местообитание имеет еще один синоним **экотоп** – географическое пространство, охарактеризованное конкретным набором экологических параметров. В этом случае популяцию любого вида, обитающую на данном пространстве, называют **экотипом**.

Термин «местообитание» может быть применен как к конкретным организмам, так и сообществам в целом. Мы можем указать луг как единое местообитание различных трав и животных, хотя и травы, и животные занимают разные экологические ниши. *Но никогда этот термин не должен подменять понятие «экологическая ниша».*

Местообитание может обозначать комплекс связанных между собой некоторых живых и неживых характеристик географического пространства. Например, местообитание водных насекомых клопа-гладыша и плавта представляет собой мелководные покрытые растительностью участки озер. Эти насекомые занимают одно местообитание, но имеют разные трофические цепи (гладыш – это активный хищник, а плавт питается разлагающейся растительностью), что и отличает экологические ниши этих двух видов.

Местообитание может обозначать и только биотическую среду. Так бациллы и бактерии живут внутри других организмов. Вши живут в волосяном покрове хозяина. Некоторые грибы связаны с конкретным типом леса (подберезовики). Но местообитание может быть представлено и чисто физико-географической средой. Можно указать приливно-отливный берег моря, где обитают столь разнообразные организмы. Это может и пустыня, и отдельная гора, дюны, ручей и река, озеро и т.п.

**3. Экологическая ниша** – понятие, по мнению **Ю. Одума**, более емкое. Экологическая ниша, как это показал английский ученый **Ч. Элтон** (1927), включает в себя не только физическое пространство, занимаемое организмом, но и функциональную роль организма в сообществе. Элтон различал ниши как позицию вида в зависимости от других видов в сообществе. Представление Ч. Элтона о том, что ниша не есть синоним местообитания получило широкое признание и распространение. Организму очень важно его трофическое положение, образ жизни, связи с другими организмами и т.п. и его положение относительно градиентов внешних факторов как условий существования (температура, влажность, рН, состав и тип почвы и др.).

Эти три аспекта экологической ниши (пространство, функциональная роль организма, внешние факторы) удобно обозначить как **пространственную нишу** (нишу места), **трофическую нишу** (функциональную нишу), в понимании Ч. Элтона, и **многомерную нишу** (учитывается весь объем и набор биотических и абиотических характеристик,

**гиперобъем**). Экологическая ниша организма зависит не только от того, где он обитает, но включает также общую сумму его требований к окружающей среде. Организм не только испытывает на себе действие экологических факторов, но и сам предъявляет к ним свои требования.

**4. Современная концепция экологической ниши** сформировалась на основе модели, предложенной **Дж. Хатчинсон (1957)**. Согласно этой модели экологическая ниша – это часть воображаемого многомерного пространства (гиперобъема), отдельные измерения которого соответствуют факторам, необходимым для нормального существования и размножения организма. Нишу Хатчинсон, которую мы будем называть многомерной (гиперпространственной), можно описать с помощью количественных характеристик и оперировать с ней при помощи математических расчетов и моделей. **Р. Уиттекер (1980)** определяет экологическую нишу как позицию вида в сообществе, подразумевая при этом, что сообщество уже связано с конкретным биотопом, т.е. с определенным набором физических и химических параметров. Следовательно, **экологическая ниша – это термин, употребляемый для обозначения специализации популяции вида внутри сообщества**. Группы видов в биоценозе, обладающие сходными функциями и нишами одинакового размера, называются **гильдиями**. Виды, занимающие одинаковые ниши в разных географических областях, называются **экологическими эквивалентами**.

**5. Индивидуальность и неповторимость экологических ниш.** Какими бы близкими по месту обитания ни были бы организмы (или виды в целом), как бы ни близки были их функциональные характеристики в биоценозах, они никогда не будут занимать одну и ту же экологическую нишу. Таким образом, число экологических ниш на нашей планете несчетно. Образно можно себе представить человеческую популяцию, все особи которой обладают только своей неповторимой нишей. Невозможно представить двух абсолютно одинаковых людей, обладающих абсолютно идентичными морфофизиологическими и функциональными характеристиками, включая и такие как психические, отношение к себе подобным, абсолютная потребность в типе и качестве пищи, сексуальные отношения, норма поведения и т.п. Но индивидуальные ниши различных людей могут перекрываться по отдельным экологическим параметрам. Например, студенты могут быть связаны между собой одним вузом, конкретными преподавателями и в то же время могут различаться по поведению в обществе, в выборе пищи, биологической активности и др.

**6. Измерение экологических ниш.** Для характеристики ниши используют обычно два стандартных измерения – **ширина ниши** и **перекрывание ниши** с соседними нишами.

Под шириной ниши понимаются градиенты или диапазон действия какого-либо экологического фактора, но только в пределах данного гиперпространства. Ширину ниши можно определить по интенсивности освещения, по длине трофической цепи, по интенсивности действия какого-либо абиотического фактора. Под перекрытием экологических ниш подразумевается и перекрытие по ширине ниш, и перекрытие гиперобъемов.

**7. Типы экологических ниш.** Выделяются два основных типа экологических ниш. Во-первых, это **фундаментальная** (формальная) ниша – наибольший «абстрактно заселенный гиперобъем», где действие экологических факторов без влияния конкуренции обеспечивает максимальное обилие и функционирование вида. Однако вид испытывает постоянное изменение экологических факторов в пределах своего ареала. К тому же, как мы уже знаем, усиление действия одного фактора может изменить отношение вида к другому фактору (следствие из закона Либиха), и его диапазон может измениться. Действие двух факторов одновременно может изменить отношение вида к каждому из них конкретно. Всегда в пределах экологических ниш действуют биотические ограничения (хищничество, конкуренция). Все эти действия приводят к тому, что реально вид занимает экологическое пространство, которое намного меньше, чем гиперпространство фундаментальной ниши. В этом случае мы говорим о **реализованной** нише, т.е. **реальной** нише.

**8. Принцип Вандермеера и Гаузе.** Дж.Х.Вандермеер (1972) значительно расширил понятие реализованной ниши Хатчинсон. Он пришел к выводу, что если в данном конкретном местообитании сосуществует  $N$  взаимодействующих видов, то они будут занимать абсолютно разные реализованные экологические ниши, число которых будет равно  $N$ . Это наблюдение получило название **принципа Вандермеера**.

Конкурентное взаимодействие может касаться как пространства, биогенных элементов, использования света (деревья в лесу), так и процесса борьбы за самку, за пищу, равно как и зависимости от хищника, подверженности болезням и др. Обычно наиболее жесткая конкуренция наблюдается на межвидовом уровне. Она может привести к замене популяции одного вида популяцией другого вида, но может привести и к равновесию между двумя видами (обычно такое равновесие природой устанавливается в системе хищник-жертва). Крайние случаи – это вытеснение одним видом другого за пределы данного местообитания. Бывают случаи, когда один вид вытесняет другой в трофической цепи и заставляет его перейти на использование другой пищи. Наблюдение за поведением близкородственных организмов со сходным образом жизни и сходной морфологией показывает, что такие организмы стараются никогда не обитать в одном и том же месте. Это наблюдение было сделано **Джозефом Гринел-**

лом в 1917-1928 годах, изучавшего жизнь птиц-пересмешников Калифорнии. Собственно Гринелл ввел понятие «**ниша**», но не внес в это понятие различий между нишей и местообитанием.

Если же близкородственные организмы живут в одном и том же месте, то они или будут использовать разные пищевые ресурсы, или вести активный образ жизни в разное время (ночь, день). Такое экологическое разделение близкородственных видов получило название **принципа конкурентного исключения** или **принципа Гаузе** по имени русского биолога, экспериментально показавшего действие этого принципа в 1932 году. В своих выводах Гаузе использовал концепцию Элтона о позиции вида в сообществе в зависимости от других видов.

**9. Пространство ниши.** Экологические ниши видов – это нечто большее, чем отношение вида к какому-то одному градиенту среды. Очень многие признаки или оси многомерного пространства (гиперобъема) очень сложны для измерения или не могут быть выражены линейными векторами (например, поведение, пристрастие и др.). Следовательно, необходимо, как справедливо отмечал Р.Уиттекер (1980), перейти от концепции оси ниши (вспомним ширину ниши по какому-либо одному или нескольким параметрам) к концепции ее многомерного определения, что позволит выявить характер отношений видов при их полном диапазоне адаптивных взаимосвязей.

Если ниша есть «место» или «положение» вида в сообществе согласно концепции Элтона, то вправе дать ей какие-то измерения. Согласно Хатчинсон ниша может быть определена некоторым числом переменных условий среды в пределах сообщества, к которым виды должны быть приспособлены. Эти переменные включают как биологические показатели (например размер пищи), так и небιологические (климатические, орографические, гидрографические и др.). Эти переменные могут служить осями, по которым и воссоздается многомерное пространство, которое называется **экологическим пространством** или **пространством ниши**. Каждый из видов может приспособиться или быть устойчивым к некоторому диапазону значений каждой переменной. Верхние и нижние пределы всех этих переменных и очерчивают то экологическое пространство, которое способен занимать вид. Это и есть фундаментальная ниша в понимании Хатчинсон. В упрощенном виде это можно себе представить как «n-сторонний ящик» со сторонами, соответствующими пределам устойчивости вида на осях ниши.

Применив многомерный подход к пространству ниши сообщества, мы можем выяснить позицию видов в пространстве, характер реакции вида на воздействие более чем одной переменной, относительные размеры ниш.

## Тема 5. Концепция сообщества и биоценоза

**1. Общественные и необщественные группировки.** Совокупность всех живых организмов нашей планеты занимает пространство, именуемое биосферой. Изучать биосферу в целом, т.е. во всем многообразии органического мира и связей между видами – задача непосильная. Поэтому рационально разделять биосферу на составные, более мелкие части, доступные для прямого наблюдения. Известно, что организмы группируются в пространстве под действием определенных факторов. Анализ этих факторов позволяет выделять различные типы объединений. Прежде всего, это группировки общественного и необщественного характера.

**Общественные группировки.** Французские исследователи Рабо и Грассе считали, что **сообществом** можно назвать такое объединение особей, которое обладает следующими признаками:

а) особи относятся к одному виду (исключение из этого правила составляют позвоночные, среди которых только некоторые млекопитающие и птицы могут образовывать настоящие сообщества);

б) особи держатся вместе благодаря взаимному притяжению, или **интераттракции**, либо силой одностороннего импульса, названного Уиллером **общественным влечением**.

Интераттракция и общественное влечение не зависят от физических и химических условий окружающей среды. Членов такого сообщества объединяет не внешнее влияние абиотической среды, создающего единство группировки, а влияние членов группировки друг на друга. У человека примером таких группировок могут быть увлечение спортом, приверженность чтению произведений конкретного жанра или писателя и т.п.

Такие общественные группировки не исчезают, если меняются физико-химические свойства среды обитания. Лишь только тогда, когда значение экологических абиотических факторов приближается к лимитирующим значениям, такие группировки могут распадаться. Общественное влияние играет большую роль в образовании сообществ у позвоночных животных. Почти все приматы живут сообществами. Жизнь особи примата вне сообщества ведет к тяжелым последствиям, часто к смерти. Главная роль в сообществах животных принадлежит этологическим факторам, но не следует забывать и экологические факторы.

**Необщественные** группировки всецело зависят от действия экологических факторов, которые и создают предпосылки для объединения организмов как одного вида, так и разных видов. Среди объединений такого рода можно назвать **скопления** (Рабо, 1929) – объединение особей, относящихся к одному или нескольким видам и возникшее исключительно под действием одного или нескольких факторов окружающей среды, выступающих в качестве центра притяжения. Скопления носят случайный и временный характер. Между животными и растениями,

образовавшими скопление, нет никакой связи. Скопление распадается, как только исчезнет центр притяжения. Примером скопления может быть разлагающийся остаток пищи, привлекающий мух; яркий фонарь, привлекающий различных насекомых в ночное время; фрукт, привлекающий ос и пчел, и др.

К необщественным группировкам можно отнести и **биоценозы**.

**2. Концепция сообщества.** *Сообществом называют совокупность совместно обитающих организмов, представляющая собой определенное экологическое единство* (например, фитопланктон океана, озера, реки, совокупность почвенных животных какого-либо участка леса, луга, степи). Сообщество представляет собой один из уровней организации живой материи. Ряд ученых считает, что сообщество могут образовывать только разные виды, другие – что сообщество одинаково могут образовывать как особи одного вида, так и особи разных видов. Иногда сообществом называют совокупность всех видов организмов (животных, растений, микроорганизмов), населяющих конкретное место (биотоп). В этом случае сообщество трактуется как синоним термина **биоценоз** и является элементом экосистемы.

В последнее время термин «сообщество» приобрел довольно широкое свободное употребление. Однако его наиболее часто используют как понятие биоценоз. Дело в том, что определить всю совокупность живых организмов в биоценозе практически невозможно. Поэтому, в лучшем случае, выделяются лишь главные составляющие биоценоза. Например, выделяется сообщество растений (фитоценоз), животных (зооценоз), микроорганизмов (микроценоз).

Р. Уиттекер в своей знаменитой работе «Сообщества и экосистемы» (1980) под сообществом понимал исключительно биоценоз. Причем в таком сообществе рассматривал только фитоценологические группировки.

Главное, что мы должны усвоить – это то, что *любую совокупность популяций одного вида или разных видов, объединенных экологическим единством, можно назвать сообществом, но не любое сообщество можно трактовать как биоценоз*. Можно сказать сообщество диатомовых водорослей, сообщество хвойных, сообщество млекопитающих. Нельзя говорить диатомовый биоценоз, биоценоз млекопитающих, биоценоз хвойных. Фитопланктон или зоопланктон представляют собой сообщества, но не биоценозы. Вместе с тем нередки случаи, когда говорят биоценозы тайги, широколиственного леса, тропического леса и др., подразумевая при этом и животный мир этих биогеографических единиц. В значении слова биоценоз часто употребляется слово **ценоз**. Но обычно слово ценоз употребляется для выражения совокупности организмов одного или нескольких видов.

**3. Концепция биоценоза.** Термин биоценоз был предложен К. Мебиусом в 1937 г., который изучал сообщества животных устричных банок. Определение биоценоза К. Мебиуса гласит, что это «...объединение живых организмов, соответствующих по своему составу, числу видов и особей некоторым средним условиям среды, объединение, в котором организмы связаны взаимной зависимостью и сохраняются благодаря постоянному размножению в определенных местах. ...Если бы одно из этих условий отклонилось бы на некоторое время от обычной средней величины, то изменился бы также и весь биоценоз. ...Биоценоз также бы изменился, если бы число особей некоторого вида увеличилось или уменьшилось, благодаря деятельности человека, или же один вид полностью исчез из сообщества, или, наконец, в его состав вошел новый». Со времен Мебиуса термин «биоценоз» претерпел ряд изменений.

В современном значении *под биоценозом понимают совокупность животных, растений, грибов, микроорганизмов, совместно населяющих участок суши или водоема и объединенных экологическим единством абиотического и биотического характера.* Биоценоз рассматривается наряду со своим биотопом составной частью **биогеоценоза** (синоним **экосистемы**). В англо-язычной литературе вместо слова **Biocoenosis** используется слово **Community**, близкое по значению русскому «общество».

Различают **первичные биоценозы**, сложившиеся без воздействия человека, и **вторичные биоценозы**, измененные деятельностью человека или природными стихиями. Особенную роль играют **агроббиоценозы**, созданные и поддерживаемые человеком для своих нужд.

**4. Количественные характеристики биоценозов.** Биоценозы характеризуются параметрами, которые могут быть описаны математически. Это: *биомасса, количество видов (видовое богатство), видовое разнообразие* (видовое богатство плюс частоты встречаемости или обилие каждого вида), *продукцией* (первичной и вторичной) как скоростью роста биомассы за конкретную единицу времени (обычно это интервал в один год, мы часто говорим: урожайный год). Отметим, что видовое разнообразие резко уменьшается при сильных экологических возмущениях, особенно при антропогенном загрязнении среды обитания. В случае глобальных экологических кризисов многие биоценозы могут исчезнуть навсегда с лица нашей планеты, что может привести и к необратимым изменениям в биосфере в целом. Важной частью определения количественных характеристик является выделение доминирующих видов, которые определяют **облик биоценоза**.

Кроме этого, **составные части биоценозов** (сообщества растений, животных, микроорганизмов) находятся во взаимных связях, которые и

формируют **упорядоченность биоценозов**, которая называется **структурой биоценозов**.

**5. Структура биоценозов** бывает:

– *пространственная*, проявляющаяся в закономерном размещении видов относительно друг друга (например ярусность леса);

– *видовая* структура определяется видовым составом биоценоза и соотношением численности (или **биомасс** как суммарной массы особей конкретного вида, отнесенной к единице площади или объема) всех входящих в него популяций. Видовая структура отражает видовое богатство и видовое разнообразие;

– *трофическая* (пищевая) структура определяется переплетающимися **трофическими цепями** (цепями питания – взаимоотношениями между организмами, через которые в экосистемах происходит трансформация энергии и питательных веществ по линии пища-потребитель).

Различные аспекты структуры биоценозов связаны между собой. Обычно чем сложнее пространственная структура, тем богаче видовое богатство. Структура биоценозов поддерживается во времени. Такое устойчивое состояние структуры биоценоза за счет взаимодействия всех его элементов называется **гомеостазом**.

**Вертикальная структура** формируется за счет распределения видов по вертикали, что ведет к ярусности. Ярусность леса (травянистый, кустарниковый и древесный ярусы) часто оказывается следствием межвидовой конкуренции за свет и воду у растений. Ярусность в распределении животных – межвидовая конкуренция за пищу. Ярусность в обоих случаях направлена на создание высокой продуктивности.

**6. Классификация биоценозов.** Различают три основных типа биоценозов: **наземные, пресноводные и морские**. Каждый из этих типов может быть подразделен на соподчиненные группы. Так пресноводные биоценозы могут быть подразделены на речные, озерные, болотные. Наземные могут включать в себя горные, низменные, внутриконтинентальные, береговые и др. подтипы. Морские биоценозы подразделяются на шельфовые, планктонные, бентические, пелагические и др. группы. Наземные биоценозы или сообщества называются **биомами** или **формациями** (обычно эти термины применяются к растительным сообществам).

**Биом** представляет собой однородное сообщество, не зависящее от состава растительности. Он занимает довольно большое пространство и регулируется макроклиматом.

К **наземным биомам** относятся тундра (альпийская и арктическая), северные хвойные леса, листопадные леса, степи умеренных зон, тропические степи и саванны, жестколистные леса, пустыни, сезонные тропические леса, тропические дождевые леса, зональные биомы горных стран.

К **пресноводным биоценозам** относятся **лентические** (лимнические) биоценозы (озера, пруды), **лотические** (речные и ручейные) биоценозы, а также биоценозы болот и маршей.

К **морским биоценозам** относятся биоценозы пелагиали, батиали, шельфа, зон апвеллинга, лиманов, приливо-отливной зоны.

Понятие биома часто ассоциируется с **экосистемой**. В этом отношении оно очень близко к понятию **геобиоценоз**. В природе столь обширные области, как биомы, на самом деле неоднородны. В пределах биома всегда можно выделить локальные, хорошо очерченные группировки видов. Собственно это и есть **ассоциации** или биоценозы в точном определении этого слова.

Некоторые очень небольшие сообщества хорошо сохраняют свою индивидуальность и пространственно ясно очерчены. Главная их особенность – непродолжительное существование во времени. Разлагающийся труп животного, ствол мертвого дерева, участок под камнем, скала служат ареной жизни микроассоциаций, называемых **синузиями**. Синузии – это кусочки биоценозов и их автономность относительна.

**7. Красной эффект. Экотон.** Переход от одного биоценоза к другому никогда не бывает четким. Всегда существует зона перехода, которая и называется **экотоном**. Например, между озером и лугом часто наблюдается болотистая полоса, а заросли мелких кустарников отделяют лес от луга. Фауна и флора таких переходных участков богаче, чем в соседних биоценозах. Тенденция к увеличению разнообразия и плотности организмов на границе сообществ или биоценозов называется **краевым эффектом**. Собственно это и есть один из основных критериев определения экотонов.

Изучение биоценозов (**биоценология**) имеет огромное значение при утверждении политики рационального природопользования, создания рекреационных зон, охранных природных мероприятий, создании национальных парков и заповедников.

## **Тема 6. Живые организмы водной среды – индикаторы комплекса экологических факторов**

Организм постоянно подвергается действию изменчивых факторов окружающей среды. Было уже отмечено, что это приводит к формированию экологической валентности вида, которая является отражением степени действия экологических факторов. Следовательно, анализ сообществ организмов способен давать объективную информацию о состоянии окружающей среды. Мы рассмотрим способность организмов отражать параметры разных сред.

**1. Общие положения.** Известно, чем сильнее изменяется данный параметр среды в пространстве или во времени, тем обычно большее экологическое значение он имеет для организмов. Существенную роль

при этом играют и степень регулярности воздействия данного фактора на организмы, регулярность изменчивости фактора во времени. В соответствии с этим среди изменчивых факторов можно различать те, которые изменяются закономерно периодически и без закономерной периодичности. Факторы, изменяющиеся периодически, обуславливают формирование у видов характерных для них биологических циклов (суточных, сезонных, годовых и т.д.), специфических типов динамики численности некоторых других видов признаков. Факторы, изменяющиеся без закономерной периодичности, главным образом влияют на распространение вида и его численность. Факторы, имеющие периодический и регулярный характер, можно разделить на первичные и вторичные. К первым относятся воздействия, являющиеся прямым следствием ритмики геофизических циклов. Вторичные – это воздействия, являющиеся косвенным следствием ритмики геофизических циклов (например, паводковые и межпаводковые периоды).

Особи каждого вида характеризуются определенным типом обмена веществ и энергии, без сохранения которого не могут успешно развиваться. Если состояние среды таково, что организму грозит нарушение баланса обмена веществ и энергии, то он либо изменяет положение в пространстве, приводя себя по возможности в оптимальные условия среды, либо меняет интенсивность обмена или даже характер последнего.

**2. Оптимизация экологических условий.** Оптимальными называются условия, в которых организм с наименьшими энергетическими затратами сохраняет характерный для него тип обмена веществ. Оптимальные значения какого-либо фактора применительно к различным функциям организма различны, поэтому оптимум в отношении организма в целом – понятие интегральное. Оптимальные условия – это не те, которые обеспечивают наилучшие условия для протекания отдельных функций, а те, при которых суммарный эффект протекания всех функций является наилучшим с точки зрения обеспечения биологического процветания вида. Оптимальная дозировка фактора для каждого организма представляет собой величину не постоянную, а переменную, зависящую от состояния самого организма и от всей суммы условий, в которых он обитает.

Не все факторы водной среды играют равную роль в жизни организмов. В связи с этим они делятся на первостепенные и второстепенные. К важнейшим из них относятся механические и динамические свойства воды и донного грунта, температура, свет, растворенные и взвешенные в воде вещества, активная реакция среды и некоторые другие.

**3. Факторы водной среды. Общая характеристика.** Водная среда жизни, гидросфера, занимающая до 71% площади земного шара, включает около 1,46 млрд км<sup>3</sup> воды. Основной объем воды (примерно 95%) сосредоточен в Мировом океане, львиная доля пресных вод – в ледни-

ках (85%) и подземных водах суши (14%), на озера, водохранилища, пруды, болота, реки и ручьи приходится чуть более 0,6% от общего объема пресной воды, остающиеся 0,35% заключены в почвенной влаге и парах атмосферы.

В водной среде обитают около 150 000 видов животных (примерно около 7% от общего количества на Земле) и 10 000 видов растений (8%). Следовательно, вода как среда жизни не отличается видовым разнообразием.

В морях и океанах животный и растительный мир наиболее разнообразен и богат в экваториальной и тропической зонах. С удалением от этих поясов на север и юг качественный состав организмов постепенно беднеет. Основная масса организмов Мирового океана сосредоточена у берегов, преимущественно в зоне морских побережий. Открытые воды, расположенные вдали от берегов, представляют собой пустынные области, практически лишенные жизни.

Доля рек, озер, болот по сравнению с морями и океанами в биосфере незначительна. Несмотря на меньшее биоразнообразие в пресных водах и их небольшой объем, они имеют выдающееся значение для огромного количества животных и растений, а также для человека, обеспечивая их необходимым запасом пресной воды.

Современную гидросферу можно рассматривать не только как среду жизни. Ее обитатели оказывают активное влияние на круговорот веществ в биосфере.

*Свойства воды.* Значение воды в жизнедеятельности организмов определяется главным образом ее физическими свойствами. Среди этих свойств, прежде всего, выделяются термические – *большая теплоемкость, высокая скрытая теплота плавления и испарения, низкая теплопроводность, расширение перед замерзанием.* Благодаря этим свойствам поддерживается относительное постоянство температурного режима океанов, что в свою очередь, уменьшает амплитуду колебаний температуры на земной поверхности. Расширение воды перед замерзанием и аномальные изменения плотности воды в интервале от 0 до +4°C (именно при такой температуре вода имеет наибольшую плотность, при дальнейшем повышении или понижении температуры воды ее плотность уменьшается) обеспечивают перемешивание водных масс и препятствуют промерзанию водоемов. Не будь этих аномалий образующийся в холодное время года лед опускался бы на дно водоемов, превращая водные бассейны в залежи льда, оттаивающие летом лишь с поверхности, где находили бы приют только эфемерные водные организмы.

Вода является превосходным *растворителем.* Это свойство воды и ее исключительная подвижность делают воду основным фактором обмена веществ, как в неорганической, так и органической природе. В растворенном состоянии органические и неорганические вещества поступают к потребителям. Водой транспортируются вещества внутри организмов, с водой выделяются продукты распада.

Благодаря *высокому поверхностному натяжению* воды (по ее поверхности способны бегать водомерки), она удерживается на поверхности живых и неживых объектов и поднимается по капиллярам. Именно это свойство воды обеспечивает питание наземных растений.

Практическая *несжимаемость* воды позволяет организмам населять большие глубины.

Благодаря ряду оптических свойств прежде всего, *прозрачности*, в воде на значительных глубинах может идти фотосинтез.

**Механико-динамические свойства воды и грунта** определяют условия фиксации и передвижения гидробионтов в пространстве. Они обуславливают условия плавания пелагических организмов и их возможности удержания в тех или иных пространственных участках водоема. Бентосные организмы в зависимости от механико-динамических свойств грунта обладают разными возможностями закапывания в субстрат, фиксации на нем и передвижения. Недостаточная стабильность грунта – препятствие для существования бентосных организмов (невозможность строительства убежищ, механические повреждения, вымывания в толщу воды, захоронение под толщей осаждающихся осадков и т.д.). Движение воды – вынос за пределы биотопов с благоприятными условиями обитания и наоборот.

**Экологические группы водных организмов.** На основе образа жизни среди водных организмов выделяют несколько групп:

– *бентос* (от греч. *benthos* – глубина) – прикрепленные к грунту, лежащие на нем или живущие в толще осадков организмы. Представлен фитобентосом, зообентосом и бактериобентосом. В зообентосе по способу питания выделяют хищников, фильтраторов, грунтоедов и т.д.;

– *перифитон* (от греч. *peri* – вокруг, возле) – животные и растения, либо прикрепленные, либо удерживающиеся за стебли и листья высших растений или любые поверхности, возвышающиеся над дном и плавающие по течению;

– *планктон* (от греч. *planktos* – парящий, блуждающий и *on* – сущее) – пассивно плавающие растительные (фитопланктон) или животные (зоопланктон) организмы, перемещающиеся главным образом благодаря течениям;

– *нектон* (от греч. *nektos* – плавающий) – активные пловцы с обтекаемой формой тела и развитыми органами движения, не связанные непосредственно с дном (рыбы, кальмары, ластоногие, киты и т.д.);

– *нейстон* (от греч. *neustos* – плавающий) – сообщество микроорганизмов, растений и животных мелких и средних размеров, обитающих у поверхности воды на границе водной и воздушных сред (над или под поверхностной пленкой, до 5 см в глубь воды). Это бактерии, простейшие, клопы-водомерки, водоросли, личинки некоторых организмов;

– *плейстон* (от греч. *pleystikos* – плавающий) – совокупность гидробионтов, часть тела которых находится в воде, а часть – над ее поверх-

ностью. К ним относятся парусники, некоторые сифонофоры и членистоногие, ряска.

Обитатели рек носят название *потамобионтов*. Те из них, что живут только на течении, называются *реофилами*. Движение воды в реках вызывает эрозию ее ложа, идущую в глубинном и боковом направлениях. Перенос и седиментация грунта изменяют конфигурацию ложа в горизонтальном и вертикальном направлениях. В результате боковой эрозии река меандрирует, образуя излучины, или *меандры*. Когда река спрямляет свое русло, тогда отшнуровавшиеся излучины превращаются в *старицы*. В других случаях от реки могут обособляться, не теряя с нею связи, *закосья*, *затоны* и *протоки*.

По биологической классификации, предложенной А. Тинеманном и Е. Науманном, различают озера *эвтрофные*, *олиготрофные* и *дистрофные* (eu – хорошо, oligos – мало, dis – недостаточно, trophos – пища). К *эвтрофным* (высококормным) относятся неглубокие равнинные озера с хорошо выраженной литоралью и богатой растительностью. Их вода богата питательными солями, грунты содержат много органического вещества, и на них развивается богатая донная фауна. *Олиготрофные* (малокормные) озера обычно бывают расположены на кристаллических породах, обладают значительной глубиной и слаборазвитой литоралью. Донные отложения бедны органическими веществами, в воде содержится мало питательных солей, соответственно, жизнь на дне и в толще воды отличается бедностью. *Дистрофные* (недостаточно кормные) озера представляют собой неглубокие заболоченные водоемы с торфянистыми отложениями на дне. Торфянистые отложения исключают контакт воды с грунтом и поэтому в ней содержится очень мало минеральных веществ, солей, нужных для питания растений. Планктон и бентос в этих озерах развит очень слабо. Обитатели озер называются *лимнобионтами*. В соответствии с членением бентали выделяются формы.

*Активная реакция среды* представляет собой свойство, обуславливающееся присутствием ионов  $H^+$  и  $OH^-$ . Как известно, часть молекул воды диссоциирует на эти ионы. Если концентрации ионов  $H^+$  и  $OH^-$  равны, вода будет нейтральной. С увеличением содержания ионов  $H^+$  и  $OH^-$  вода будет соответственно кислой ( $H^+$ ) или щелочной ( $OH^-$ ). Обычно в качестве показателя активной реакции берется не концентрация  $H^+$ , а ее десятичный логарифм с обратным знаком. Эта величина, называемая водородным показателем, обозначается символом pH. Если pH меньше 7, вода кислая, больше 7 – щелочная, для нейтральной воды pH равен 7. Степень диссоциации воды зависит от температуры: с понижением последней содержание  $H^+$  падает, а с повышением соответственно увеличивается. Следовательно, заключение об активной реакции воды надо делать с учетом температуры.

Активная реакция природных вод довольно устойчива. Тем не менее в одном и том же водоеме рН в течение суток может колебаться на 2 единицы и более: ночью понижаться в результате подкисления воды выделяющимся в процессе дыхания углекислым газом, днем повышается за счет потребления  $\text{CO}_2$  фотосинтезирующими растениями. В грунтах озер и болот рН обычно несколько ниже 7, в океанических осадках он часто бывает сдвинут в щелочную сторону. В зависимости от отношения к различным концентрациям водородных и гидроксильных ионов гидробионты подразделяются на *стеноионных*, обитающих в водах с колебанием рН в 5–6 единиц, и *эвриионных*, выдерживающих большие изменения этого фактора.

Концентрация водородных ионов не только определяет границы распространения гидробионтов, но и влияет на характер их жизнедеятельности.

Окислительно-восстановительный потенциал характеризует собой условия протекания в среде окислительных и восстановительных процессов, от которых зависят многие стороны жизнедеятельности гидробионтов особенно микроорганизмов. Напомним, что окислительно-восстановительная реакция заключается в том, что одно вещество, отдавая свои электроны и заряжаясь положительно, окисляется, а другое, приобретая электроны и заряжаясь отрицательно, восстанавливается. В результате между ними возникает разность электрических потенциалов. Чем больше эта разность, тем выше окислительная способность среды. Она определяется концентрацией молекулярного водорода в воде, а также состоянием таких равновесных систем, как  $\text{Fe} (3) - \text{Fe} (2)$ ,  $\text{Mn} (4) - \text{Mn} (2)$ ,  $\text{S} (2) - \text{S}(1)$ , а также другими элементами с переменной валентностью.

Таким образом, условия жизни в воде своеобразны. Большое влияние на распределение организмов оказывают свет, температура, течения, давления, активная реакция среды, растворенные газы (в первую очередь кислород) и соли. Морские и континентальные воды резко отличаются по условиям жизни. Морская вода представляет собой более благоприятную среду, близкую к физиологически уравновешенному раствору. Поэтому ее обитатели осмотически открыты. Континентальные воды обладают неблагоприятными условиями жизни, их обитатели осмотически закрыты.

**Адаптивные особенности водных растений.** Водные растения в отличие от наземных поглощают влагу и минеральные соли непосредственно из окружающей воды, поэтому их организация имеет свои особенности. У них слабо развиты проводящие ткани, а также корневая система. Поскольку корни служат в основном для прикрепления к подводному субстрату, они лишены корневых волосков. Мощное развитие корневой системы у некоторых из них – кувшинок, кубышек – обеспечивает вегетативное размножение и запасание некоторых веществ.

Главной структурной особенностью гидрофитов является наличие крупных межклетников и полостей, создающих особую воздушную ткань, которая обеспечивает плавучесть органов. Подводные гидрофиты отличаются от надводных отсутствием функционирующих устьиц, тонкими рассеченными листьями, слабым развитием механических тканей. Интенсивный газообмен при недостатке в воде растворенного кислорода обеспечивается либо очень длинными и тонкими стеблями и листьями, покровы которых легко проницаемы для кислорода, либо сильной расчлененностью листьев.

У ряда растений развита гетерофилия (разнолистность). У кувшинок и кубышек плавающие листья сильно отличаются от погруженных – их верхняя поверхность плотная и кожистая, с большим количеством устьиц, что способствует лучшему газообмену с воздухом, на нижней стороне устьиц нет.

Из-за низкой температуры воды, отрицательно влияющей на органы размножения, и высокой плотности среды, затрудняющей перенос пыльцы, погруженные в воду растения размножаются вегетативным путем. Однако многие из них выносят цветonoсные стебли в воздушную среду и размножаются половым путем. Их пыльца, плоды и семена разносятся ветром и поверхностными течениями. Поверхностные течения используют и прибрежные растения. Их плоды обладают высокой плавучестью и могут длительное время, находясь в воде, не терять всхожести.

**Адаптивные особенности водных животных.** Адаптации животных к водной среде более разнообразны, чем растений. Для животных, обитающих в толще воды, характерны, прежде всего, приспособления, увеличивающие их плавучесть и позволяющие им противостоять движению воды и течениям. У мелких форм наблюдается редукция скелетных образований. Они имеют пористые раковины или полые внутри иглы скелетов. Удельная плотность тела уменьшается за счет наличия воды, воздуха или жира в тканях.

Для пассивно плавающих в толще воды животных характерно также увеличение удельной поверхности тела. Это достигается уплощением тела, образованием всевозможных шипов, выростов.

Активное плавание осуществляется с помощью ресничек, жгутиков, а также изгибания тела. Получило распространение плавание реактивным способом за счет энергии выбрасываемой струи воды. Так некоторые кальмары развивают скорость 40–50 км/час. У более крупных животных имеются специализированные конечности – плавники, ласты. Тело у таких животных покрыто слизью и имеет обтекаемую форму.

Пресноводные животные при передвижении используют поверхностную пленку воды. По ней свободно бегают жуки-вертячки, клопы-водомерки. Их покровы не смачиваются водой, а конечности имеют особое строение.

Донные организмы, наоборот, вырабатывают приспособления, уменьшающие плавучесть и позволяющие удерживаться на дне даже в быстротекущих водах. Хорошо известны тяжелые раковины моллюска тридакны, которые свободно лежат на малой глубине и удерживаются на рифах благодаря своей массе.

Только в водной среде встречаются животные, ведущие неподвижный образ жизни. Из прикрепленных к грунту наиболее известны губки, гидроидные и коралловые полипы, морские лилии, двустворчатые моллюски и др.

Для водных животных имеет значение давление среды. Среди эврибатных – обитающих и при высоком и при низком давлениях – выделяются голотурии, живущие на глубине от 100 до 9000 м. Среди стенобатных – морские лилии, погонофоры, обитающие на глубинах от 3000 до 10 000 м. Для глубоководных животных характерно слабое развитие или отсутствие известкового скелета, редукция органов зрения, усиление развития осязательных рецепторов, отсутствие пигментации тела или, наоборот, темная окраска.

## **Тема 7. Водные биоценозы как отражение комплекса абиотических и биотических факторов**

По сравнению с наземными сообществами биоценозы водных организмов имеют некоторые существенные отличия. Главное из них – микроскопические размеры подавляющего большинства продуцентов. Другая характерная черта – наличие тесных межорганизменных связей через среду, в частности, существование различных биохимических влияний, играющих важнейшую роль в организации сообществ.

**1. Структура биоценозов** определяется составом и характером отношений входящих в него организмов, их взаимодействием в условиях того или иного абиотического окружения. В связи с четким разграничением в водоемах двух основных местообитаний – пелагиали и бентали – можно соответственно различать биоценозы пелагических и бентосных организмов. Более подробная классификация биоценозов может строиться по разным принципам, в частности, по структурным и функциональным особенностям сообществ, а также по характеру их местообитаний. Наряду с биоценозами в гидробиологии различают совокупности особей, составляющие население биотопов, свойства которых допускают выживание организмов только в состоянии анабиоза или полуанабиоза. Среди таких совокупностей организмов различают *пагон* – гидробионтов, вмерзших в лед, и *пелон* – животных и растений, находящихся в высоком иле. Промежуточное положение занимает *криопланктон* – население талой воды, образующейся под лучами солнца в трещинах льда и пустотах снега.

Структура водных биоценозов, с одной стороны, определяется видовым составом входящих в них организмов и их количеством, с другой – соотношением особей разного экологического облика.

Хотя в таксономическом отношении состав биоценозов бывает обычно довольно пестрым, но только один вид или небольшое число их играют ведущую роль. Для выявления роли отдельных видов в биоценозе в качестве показателя используют биомассу, индекс плотности, роль вида в трансформации энергии.

Видовую структуру биоценоза, которая характеризуется числом видов и их количественной представленностью, в известной мере отражает индекс видового разнообразия.

С продвижением из высоких широт в низкие разнообразие биоценозов увеличивается, или, другими словами, сообщества становятся более организованными, несущими большее количество информации. Все большее количество видов с продвижением в тропики переходит в категорию доминирующих, но уже ни один из них не играет исключительной роли в биоценозе.

Если подойти к определению понятия стабильности с позиций информации, то систему можно считать более стабильной в том случае, когда количественная выраженность одних компонентов будет в меньшей степени определяться колебанием количественной выраженности других. Минимальные искажения при передаче информации достигаются избыточностью информации. В свою очередь, избыточность информации может быть обусловлена усложнением экологических систем. По имеющимся данным стабильность планктонных систем в 6-7 раз выше, чем у окружающего их комплекса абиотических факторов.

**2. Состав и структура водных сообществ** характеризуется не только степенью представленности тех или иных видов, но также соотношением количества продуцентов, консументов и редуцентов. Гидробионты-продуценты обычно гораздо мельче своих потребителей. Следовательно, снижение численности с переходом от первого ко второму трофическому уровню выражено ярче, чем для биомассы. Так, водорослей по числу экземпляров в воде содержится по сравнению с планктонными животными в сотни и тысячи раз больше. Что касается редуцентов (бактерий), то их роль в сообществах, оцениваемая по биомассе, выглядит довольно скромной, хотя по численности своей обычно они превосходят все остальные организмы, вместе взятые.

Соотношение численности и биомассы организмов разных трофических уровней не всегда правильно отражает структуру сообщества. Лучше ее характеризуют величины энергии, накапливаемой и рассеиваемой на разных трофических уровнях.

Чрезвычайно характерна для биоценозов пищевая структура, под которой понимается количественное соотношение форм с разными ти-

пами питания. Наиболее сложна пищевая структура биоценозов, в которых формы с различными типами питания представлены в равных количествах.

На ряде примеров установлено, что чем выше биомасса биоценоза, т.е., чем больше пищи в биотопе, тем однообразнее его пищевая структура и тем выше роль одного – лидирующего – вида. С продвижением в тропики в биотопах уменьшается количество пищи и биомасса биоценозов падает. Одновременно снижается относительное значение отдельных лидирующих видов и повышается пищевое разнообразие. Чем сбалансированнее биоценоз, тем сложнее его пищевая структура.

**3. Межвидовые отношения** у видов, относящихся к одному трофическому уровню, как правило, носят положительный или нейтральный характер. Связи между гидробионтами смежных трофических уровней в значительной мере строятся на принципе поедания одних организмов другими и избегания первыми выедания со стороны вторых.

Различают следующие формы возможных взаимоотношений:

*Нейтрализм и конкуренция* относятся к наиболее распространенным формам взаимоотношений среди гидробионтов одного трофического уровня.

Конкуренция наиболее часто происходит из-за пищи, реже – за места размножения, поселения и некоторые другие средства жизни. Конкурентные отношения нередко оказываются определяющими в расселении организмов.

Наибольшее значение для гидробионтов из различных конкурентных отношений имеют пищевые. Степень конкуренции из-за пищи зависит от сходства спектров питания, потребности в корме и количестве пищи, имеющейся в распоряжении конкурирующих между собой организмов.

Отрицательное влияние пищевых конкурентов тем значительнее, чем больше совпадают спектры их питания, чем меньше корма в водоеме и выше численность потребителей.

Хищничество и паразитизм доминируют в отношениях организмов вышестоящего трофического уровня к организмам нижестоящего, хотя и не являются для них единственными. Определенный уровень выедания, зависящий от соотношения величины популяции потребителей и потребляемых организмов, создает подвижное равновесие в плотности населения разных трофических уровней. С увеличением численности кормовых организмов улучшаются условия существования их потребителей и, соответственно, начинается рост популяции последних. Результатом такого изменения является усиление выедания и снижение численности кормовых организмов, вследствие чего условия питания потребителей ухудшаются, и их количество снова снижается. Сходным образом поддерживается подвижное равновесие между плотностью хищников и паразитов. Сложная система адаптаций позволяет потребляемым

организмам избегать выедания, но параллельно этому у животных-потребителей вырабатываются соответствующие приспособления к овладению жертвой. Нередки случаи, когда выедание резко ограничивает распространение организмов. В некоторых случаях наблюдается интересная взаимоприспособленность, обеспечивающая хищнику удовлетворение его пищевых потребностей с нанесением наименьшего ущерба популяции потребляемых организмов.

*Протокооперация и мутуализм* не всегда хорошо разграничиваются между собой, так как различаются лишь по степени облигатности взаимодействия популяций, оценить которую часто оказывается затруднительным. Типичный пример мутуализма – нахождение симбиотических водорослей в теле простейших, губок, кишечнорастворимых и червей, когда одни организмы не могут существовать без других.

Протокооперация часто прослеживается во взаимоотношениях ряда рыб и ракообразных с кишечнорастворимыми и иглокожими. Так среди щупалец актиний в коралловых рифах прячутся маленькие рыбки. Рыбы полезны кишечнорастворимым, так как освобождают их от паразитов, освежают и очищают воду, привлекают охотящихся за ними рыб, которые, увлекаясь погоней, становятся добычей кишечнорастворимых. Пребывание рыбок среди щупалец безопасно для рыбок маленького размера, так как они вызывают раздражение ниже пороговых. Кроме того, рыбки по возможности избегают опасных контактов и, наконец, покрыты толстым защитным слоем слизи.

Из иглокожих наиболее часто в протокооперации с рыбами, креветками и другими животными находятся морские ежи. Защита от эктопаразитов часто приводит к очень интересным формам протокооперации, когда особи некоторых видов ищут контакта с животными, очищающими их кожу или даже ротовую полость.

Комменсализм и аменсализм играют относительно меньшую роль, чем другие формы взаимодействия популяций, но, тем не менее, достаточно широко встречаются в сообществах гидробионтов. Примером комменсализма может служить использование многими гидробионтами высших растений как субстрата для прикрепления или, наоборот, прикрепление водорослей к крупным животным, в частности к китам. Организмы, к которым прикрепляются растения или животные, обычно не страдают от их присутствия, в то время как прикрепленным формам это выгодно. Часто в качестве укрытия гидробионтами используются заросли макрофитов и кораллы, среди которых прячутся многие рыбы, ракообразные и другие животные. Примером аменсализма может служить отрицательное влияние некоторых организмов, взмучивающих грунт, на развитие водорослей.

**4. Биохимическое воздействие** необычайно характерно для водных организмов, в то время как для наземных организмов имеет ограни-

ченное значение. Прижизненные выделения гидробионтов обуславливают присутствие в воде самых различных метаболитов, могущих оказывать стимулирующее, ингибирующее (подавляющее каталитические реакции некоторых ферментов) и другие влияния на организмы многих видов. Например, прижизненные выделения многих водорослей оказываются токсичными для ряда животных. Почти ежегодно у берегов Флориды и Южной Америки гибнут от «красного прилива» миллионы рыб, когда в воде в массе развиваются динофлагелляты, окрашивающие воду в желтый, коричневый или красный цвет. Гибель рыбы происходит почти мгновенно после попадания в зону «красного прилива», вызываясь токсическими выделениями водорослей. Токсическое действие многих сине-зеленых водорослей прослежено в отношении ряда ракообразных и других организмов.

Положительное влияние метаболитов на водные организмы прослеживается еще чаще, чем отрицательное. У многих одноклеточных водорослей и бактерий происходит взаимовыгодный обмен углеводами и низшими органическими кислотами, некоторые одноклеточные водоросли активно используют аминокислоты, выделяемые другими.

Выделяемые в воду метаболиты образуют между гидробионтами разветвленную сеть разнообразных коммуникаций, которые являются важным интегратором сообществ водных организмов. Водоемы представляют собой в биохимическом отношении единое целое с упорядоченной сеткой различных взаимодействий, в которой каждая популяция занимает определенное место.

Помимо *обменных* метаболических отношений можно различать *сенсорные*, когда вещества, выделяемые одними организмами, влияют на поведение других. Таковы, например, вещества, выделяемые при ранении, которые вызывают реакцию испуга у остальных особей популяции. Вещества, выделяемые яйцами и личинками рыб, вызывают у родительских особей реакцию заботы о потомстве даже в отсутствие икры и личинок. С присутствием в воде различных метаболитов могут быть связаны смена форм фитопланктона, колебания в протекании миграций у зоопланктона и многие другие массовые явления в водоемах.

Цепи питания только в редких случаях состоят из двух звеньев, чаще всего число их равно 3–4, редко поднимается до 5 и 6. Как правило, пищевые цепи в пелагических сообществах длиннее, чем в донных, что объясняется большей величиной первичных продуцентов в бентали водоемов, являющейся более опорной средой по сравнению с водной толщей. Если в пелагических сообществах двучленные цепи – редкое исключение, то в донных биоценозах они довольно обычны. Детритом питаются мало кем поедаемые морские ежи, редко служат пищей другим организмам голожаберные моллюски, живущие за счет прикрепленных водорослей, то же самое относится к кораллам и губкам, питающимся дет-

ритом и фитопланктоном. Цепи из 4 звеньев в бентосе встречаются не часто, тогда как для пелагических сообществ весьма обычны.

Как правило, пищевые цепи длиннее в сообществах низких широт, где биоценозы имеют сформированный характер. В частности, в тропических широтах бывают цепи, состоящие из 6 и даже 7 звеньев, например: фитопланктон – растительноядные рачки – хищные рачки – рыбы-зоопланктофаги – хищные рыбы – крупные кальмары – кашалоты. Очевидно, чем из большего числа звеньев будут состоять пищевые цепи, тем большее число различных видов сможет существовать одновременно в данном месте за счет одного и того же количества исходной энергии, связываемой фотосинтезирующими растениями.

Удлинение пищевых цепей не может идти бесконечно, так как связано с затруднениями, обусловленными структурными особенностями организмов. Как правило, размер гидробионтов с повышением трофического уровня увеличивается и имеется некоторая корреляция между величиной потребителей и их кормовых организмов. Так, в тропическом зоопланктоне преобладают веслоногие рачки размером 0,36–0,54 мм, а в высоких широтах они в 5–10 раз крупнее; главным потребителем зоопланктона в высоких широтах является сельдь, длина которой достигает 50 см, а в низких – сардина, килька и анчоус длиной 15–25 см.

**5. Индикаторные свойства водных биоценозов** заключаются в том, что отдельные видовые популяции, входящие в биоценозы, и сообщества в целом находятся в самых тесных взаимоотношениях со средой обитания. Именно эта среда обеспечивает и видовое разнообразие, и частоты встречаемости тех или иных видов, и характер их взаимоотношений (включая и биотические отношения, описываемые пищевыми цепями). Все эти критерии могут говорить непосредственно о самой среде обитания, степени ее устойчивости или загрязнения, что приводит к разрушению структурных биотических и абиотических отношений. Кроме этого, виды с узкой экологической валентностью могут очень чутко влиять на малейшие изменения экологических факторов. Такие виды называются видами-индикаторами среды обитания.

## **Тема 8. Живые организмы – индикаторы наземно-воздушной среды как комплекса экологических факторов**

**1. Наземно-воздушная среда.** Состав воздуха и его значение для жизни организмов. Воздух – это физическая смесь газов различной химической природы, имеющих для живых организмов главнейшее значение. Состав воздуха остается относительно постоянным как в течение суток, так и в течение года. 78% от общего содержания газов приходится на азот, 20% - на кислород. Как видите, на остальные газы приходится всего 2%. Их образуют аргон, углекислый газ (0,032%), неон, криптон, метан, водород, озон, сернистый газ, окись углерода и другие.

**Кислород** жизненно необходим для абсолютного большинства организмов. Главным «поставщиком» свободного молекулярного кислорода на Земле являются автотрофные растения, которые образуют его в процессе фотосинтеза.

Поглощение организмами кислорода из внешней среды производится либо всей поверхностью тела (простейшие, черви), либо специальными органами дыхания (трахея – насекомые, жабры – рыбы, легкие – позвоночные). Снижение содержания кислорода до 14% является критическим для многих млекопитающих.

**Углекислый газ** – одна из важнейших и преобладающая форма существования углерода в природе. Углекислый газ поступает в атмосферу в результате дыхания всех живых организмов, процессов горения, извержения вулканов, деструкционной деятельности почвенных микроорганизмов и грибов, выбросов промышленных предприятий и транспорта.

Безоблачная атмосфера, содержащая  $\text{CO}_2$ , подобно стеклу в парнике пропускает солнечную радиацию видимого диапазона, нагревающую Землю. Однако длинноволновое инфракрасное излучение, отдаваемое нагретой Землей, она задерживает в значительной степени, способствуя сохранению тепла в атмосфере (парниковый эффект). Кроме того, часть энергии отражается и переизлучается обратно к Земле. При увеличении содержания углекислого газа в атмосфере температура всей системы может повыситься до таких значений, за которыми последуют нежелательные экологические изменения. Угроза глобального изменения климата обусловлена усилением парникового эффекта, вызванного ростом концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере.

**Азот.** Атмосфера представляет собой самый большой резервуар газообразного азота. Для большинства организмов это нейтральный газ и лишь для определенной группы микроорганизмов-азотфиксаторов (клубеньковых бактерий, азотобактерий, актиномицетов, сине-зеленых водорослей) он является фактором жизнедеятельности. Переведенный этими микроорганизмами в нитратную форму он переходит в азотосодержащие вещества – аминокислоты, белки, нуклеотиды, проходя далее все этапы своего круговорота в биосфере. Возвращается азот в атмосферу благодаря бактериям-денитрификаторам.

**Озон** является одним из важнейших компонентов атмосферы. Именно он обеспечивает возможность существования жизни на Земле. Озон поглощает коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца и, следовательно, не только влияет на температурный режим атмосферы, но и защищает все живое от жесткого ультрафиолетового излучения.

Основное количество озона сосредоточено в стратосфере на высоте 15–25 км, где он образует озоновый слой.

**Осадки и адаптация к ним организмов.** Осадки на поверхности Земли выпадают неравномерно. Наиболее влажное место – это экваториальная зона. В аридных (сухих) областях испаряемость превышает

годовую сумму осадков. Выдерживают такие условия только ксерофиты. Они обладают выраженными приспособлениями, ограничивающими испарение и позволяющими создавать запасы воды на время длительного перерыва в водоснабжении.

**Снежный покров.** Для животных, активных и в зимнее время, снег играет разную роль в зависимости от того, какой образ жизни они ведут – надснежный или подснежный. Одних он укрывает от холода, а других лишает корма или уменьшает его доступность. Для животных, передвигающихся по снегу, снег является препятствием при ходьбе и добычании пищи. Поэтому большие и тяжелые животные обладают высокими конечностями (лось). У многих видов увеличивается опорная поверхность конечностей («зимние лыжи» у оленей) и вырабатываются походка и бег, при которых они меньше проваливаются (куньи, заяц-беляк передвигаются галопом).

**2. Почва как среда жизни.** К свойствам почв, от которых зависит жизнедеятельность организмов, относятся: механический состав, влагоемкость, тепловой режим, активная реакция почвы, или pH, химический состав, засоленность почв.

**Механический состав,** т.е. размерность частиц почвы влияет на проникновение воды в почву, аэрацию. Чем крупнее частицы, тем лучше проникает влага в почву и тем лучше она аэрируется.

От механического состава и структуры почв зависит *влагоемкость*. Вода в почве находится в парообразной, гигроскопической, капиллярной и гравитационной формах. Легкая почва (пески) обладает огромным влагопоглощением, но их водоподъемная сила крайне низка. Самыми благоприятными условиями аэрации и увлажнения обладают структурированные почвы (зернистые или мелкокомковатые).

**Тепловой режим.** Особенно теплее известковые и песчаные почвы.

**Активная реакция почвы** определяется концентрацией водородных ионов, она обусловлена влиянием климата, материнской породой, растительным покровом. В жарком сухом климате преобладают нейтральные и щелочные почвы, во влажном и холодном – кислые.

**Химический состав и индикаторные группы.** Наибольшее значение для растений имеют азот, фосфор, калий и кальций. Широко известны растения нитрофилы, требующие повышенного содержания азота в почве (малина, хмель, рудеральные – чистотел, крапива). Многие виды растений являются кальцефилами (бук, лиственница), а есть и кальцефобы – сфагновые мхи.

Засоление почв является следствием неполного промывания их осадками. В таких почвах преобладает восходящий ток воды, приносящий в верхние горизонты большое количество легкорастворимых солей. На засоленных почвах обитают растения – *галофиты*. Животные, приспособившиеся к жизни на засоленных почвах, называются *галофилами*.

**Типы почв.** В северных еловых лесах почва развивается в условиях холодного умеренно влажного климата. Здесь формируются таежные *подзолы*. В листопадных лесах достаточно теплого умеренного климата формируются *буроземы*. Почвы равнинных тропических дождевых лесов – *красноземы*. Почвы зоны степей или зоны смешанных прерий – *черноземы*. В климате пустынь при разреженном растительном покрове формируются *сероземы*.

В условиях холодного и влажного климата распространены болота. Здесь нередко образуются отложения *торфа* – спрессованных и слаборазложившихся остатков растений, которые формируют органическую почву.

**3. Экологические индикаторные группы и классификация почвенных организмов.** Количество организмов в почве огромно. Среди них выделяют геобионтов, весь цикл развития которых протекает в почвенной среде (дождевые черви), и геофилов, часть цикла развития которых проходит в почве (саранчовые, некоторые жуки и т.д.), а также геоксенов, находящихся в почве временное укрытие.

В соответствии с размерной классификацией почвенные организмы разделяют на: микробиоту – почвенные микроорганизмы, мезобиоту – мелкие подвижные животные (нематоды, ногохвостки), макробиоту – корни растений, крупные насекомые, роющие позвоночные.

В зависимости от механического состава различают псаммофитов и псаммофилов – растения и животные, живущие на подвижных сыпучих песках. Литофиты и литофилы – растения и животные, произрастающие и обитающие на камнях, скалах, в их углублениях и трещинах, на каменистых осыпях и т.д.

**4. Живые организмы как среда обитания.** Для организмов, ведущих паразитический образ жизни, другой организм, на котором они поселяются (хозяин), служит специфической средой обитания. Любой организм в естественных условиях заражен теми или иными паразитами.

**Виды паразитов.** Паразиты делятся на *эктопаразитов*, живущих или питающихся на поверхности тела хозяина (вши, блохи), и *эндопаразитов*, живущих внутри тела хозяина, обитающих в его органах, тканях, клетках или полостях тела хозяина. Паразиты разделяются на временных и стационарных. *Временные* паразиты контактируют с хозяином только при принятии пищи (слепни, комары). *Стационарные* паразиты могут пребывать на теле или в теле хозяина постоянно (вши, чесоточные зудни и т.д.) или периодически – развитие их протекает со сменой хозяина (черви). Паразиты делятся на две большие группы: *микрופаразитов* (бактерии, вирусы, простейшие) и *макропаразиты* (гельминты, насекомые, грибы).

Приспособления к паразитическому образу жизни многочисленны и касаются строения, физиологических особенностей и образа жизни. У эктопаразитов сплющивается и укорачивается тело. Кишечные парази-

ты отличаются удлинённым телом. В пищеварительной системе эктопаразитов-кровососов повышается растяжимость пищеварительного тракта. Железы кровососущих выделяют препятствующий свертыванию крови секрет. У некоторых паразитических червей редуцируются органы пищеварения, т.к. они «купаются» в пищевом бульоне и всасывают пищу всей поверхностью тела.

У паразитов-растений, относящихся к группе *голопаразитов*, нет хлорофилла (раффлезия). Их вегетативная часть полностью погружена в тело хозяина. Полупаразиты способны к фотосинтезу, но минеральные вещества и воду получают от хозяина (омела). У всех паразитов появляются разнообразные органы прикрепления (крючки, липкие ленты и т.д.), позволяющие им удерживаться на теле хозяина.

Невозможность развития вне организма хозяина резко уменьшает шансы на выживание и увеличивает гибель паразитов, поэтому для них характерна высокая плодовитость.

Помимо паразитических существуют и симбиотические отношения. Актиномицеты во рту человека препятствуют проникновению болезнетворных бактерий, флора в пищеварительном тракте способствует перевариванию пищи и трансформации энергии. Сине-зеленые водоросли, живущие в теле фораминифер, способствуют их подъему в более высокие слои в светлое время суток, где много питательных веществ.

**5. Жизненные формы растений как отражение условий обитания.** В ходе исторического развития организмы по-разному приспосабливались к условиям окружающей среды, что выразилось в особенностях обмена веществ, в строении, в динамике жизненных процессов. Все это в конце концов нашло отражение в их внешнем облике.

Организм разных систематических групп, живя в одинаковых или близких условиях, могут приобрести настолько выраженное сходство, что разные виды можно объединить в одну группу, соответствующую одной жизненной форме. Большой вклад в изучение жизненных форм внес отечественный ботаник и эколог растений И.Г. Серебряков. По Серебрякову, жизненная форма, или биоморфа – это своеобразная внешняя форма организмов, обусловленная биологией развития, возникающая в определенных почвенно-климатических условиях как приспособление к ним. Таким образом, ЖФ представляет собой форму приспособленности видов к жизни в той или иной среде, исторически сложившаяся под длительным влиянием экологических факторов.

Изменение ЖФ под влиянием комплекса условий нередко имеет обратимый характер. Так, высокогорный можжевельник, имеющий стланиковую форму, при пересадке в долинные районы в большинстве случаев становится кустарником.

Среди растений, по Серебрякову, выделяются деревья, кустарники, кустарнички, полукустарники, травянистые поликарпики и травянистые монокарпики.

*Деревья* – многолетние растения с одним одревесневшим стволом, сохраняющимся на протяжении всей жизни. Деревья – обитатели влажных, частично аридных областей, от экваториального пояса до умеренно холодных зон. В субарктическом и субальпийском климате появляется многоствольность. В сухих районах лесостепей развиваются деревья с низкими стволами. Кронеобразующие деревья с лежащими стволами – стланики.

*Кустарники* – это многоосные растения. Главная скелетная ось живет недолго и практически не отличается от боковых. Живут повсеместно, но эта жизненная форма сформировалась в условиях зимних дождей и сухого, жаркого лета.

*Кустарнички* – брусника, черника, голубика, вереск, багульник. Они имеют низкий рост – от 5–7 до 50–60 см. Главный стебель существует недолго – 3–7 лет. На смену ему приходят боковые укореняющиеся подземные одревесневающие стебли, развивающиеся из спящих почек. Формирование этой ЖФ происходило в условиях умеренно холодных, холодных и высокогорных областей.

Полудревесневающие растения образуют особую жизненную форму – *полукустарники* и *полукустарнички*. Их главная особенность – регулярное отмирание верхних частей надземных побегов. Оставшиеся части стеблей одревесневают и сохраняются на протяжении нескольких лет. Это полыни, прутняк, терескен. Данная жизненная форма связана с аридными местами обитания.

*Травянистые поликарпики* – это обычные наземные травы, многообразные по облику, биологии и экологии. Главная характерная черта – ежегодное отмирание наземных ортотропных побегов в конце вегетационного периода. Подземные части функционируют как органы возобновления или запасающие. Это шафран, тюльпан, картофель, ландыш, ирис.

Среди ТП выделяются стержнекорневые растения (люцерна, одуванчик), кистекарневые (лютик, калужница), короткокорневищные (ветреница, незабудка), дерновищные (ковыли, пушица) и т.д.

*Травянистые монокарпики* типичны для областей с засушливым климатом, а также сопутствуют полевым культурам в искусственных фитоценозах. Среди однолетних монокарпиков есть длительно вегетирующие (василек) и эфемеры, полупаразиты, паразиты. К монокарпикам относятся все однолетние (гречиха, просо и т.д.), некоторые двулетние (свекла, капуста) и многолетние (бамбук, агавы и др.) растения.

Существует еще классификация жизненных форм, предложенная датским биологом К. Раункиером в 1963 г. В основе ее лежит положение почек возобновления или верхушек побегов по отношению к поверхности почвы и снегового покрова. Раункиер выделил пять основных групп растений, назвав их жизненными формами:

*Фанерофиты* – деревья, кустарники, лианы, эпифиты, почки возобновления которых расположены высоко над землей.

*Хамефиты* – невысокие (ниже 30 см) растения-кустарнички и полукустарнички. Почки возобновления на зимующих побегах расположены у них на высоте 20–30 см над уровнем почвы.

*Гемикриптофиты* – травянистые многолетники, у которых основная часть надземных органов отмирает, прикрывая почки возобновления, находящиеся на уровне почвы (земляника, одуванчик).

*Криптофиты* – растения, у которых почки возобновления и верхушки видоизмененных побегов находятся под землей или в другом субстрате (в почве – луковичные; в болотистых местообитаниях, почки роста ниже уровня водоема – стрелолист; на дне водоема – ряска, кувшинка).

*Терофиты* – однолетние растения, переживающие сухой или холодный период в виде семян или спор.

**6. Индикаторы-виды и индикаторы-группы.** Таким образом, анализ сообществ и видов-индикаторов, обладающих узкими экологическими амплитудами, дает возможность оценить экологическое состояние различных сред обитания без применения физико-химических методов. Частоты встречаемости тех или иных экологических групп организмов могут указывать не только на характер абиотических (физико-химических свойств) биотопа, но и на характер состояния экосистемы в целом. Кроме этого, многие виды, особенно микроорганизмы и растения (особенно лишайники, водоросли), способны накапливать в себе химические загрязнители атмосферы и почв (тяжелые металлы, окислы и закиси, фенольные соединения и др.), что делает их очень точными индикаторами загрязнений среды обитания.

## **Тема 9. Определение понятия «популяция» и структура популяций**

Экологические факторы – факторы среды, которые воздействуют на организмы и вызывают у них приспособительные реакции. Изучением этих проблем занимается один из разделов экологии, который называется **аутэкология**. Мы лишь частично затронули проблему взаимоотношения особей одного вида и разных видов друг с другом, рассматривая вопрос о биотических отношениях. Рассматривая вопрос о взаимоотношениях особей одного вида, мы продолжим заниматься изучением проблем **аутэкологии**. И речь пойдет о **популяциях**.

**1. Понятие «популяция».** Вплоть до настоящего времени нет четкого определения понятия «популяция», которое бы удовлетворяло потребностям различных биологических направлений. Причиной этого является то, что генетики в понятие «популяция» вкладывают свой конкретный смысл (как совокупность свободно скрещивающихся особей), систематики подходят с позиций морфофункционального единства, биогеографы – с позиций исторически обособленной группы организмов, характерной для конкретного ландшафта или группы ландшафтов, и т.д. С

другой стороны, понятие «популяция» строится в зависимости от применяемого подхода к ее изучению. В-третьих, и что, пожалуй, основное, споры ведутся о том, что же является наименьшей структурной единицей вида, ибо популяции могут подразделяться на микропопуляции или объединяться в более крупные популяционные системы. Мы с вами подойдем к определению понятия «популяция» с экологической точки зрения. Однако будем помнить, современный эколог **должен** обязательно учитывать популяцию не просто как некое сообщество особей одного вида, но и как строго организованную в структурном и функциональном плане единицу вида как в пространстве, так и во времени.

**Популяцией** в экологии называют совокупность особей одного вида, находящихся во взаимодействии между собой и населяющих общую территорию. Члены популяции оказывают друг на друга не меньшее воздействие, чем физико-химические факторы среды или обитающие рядом организмы других видов. Поскольку контакты между особями одной популяции происходят чаще, чем между особями разных популяций, то именно внутривидовые отношения являются более напряженными, чем межвидовые.

В популяциях проявляются в той или иной степени все формы биотических отношений, но наиболее ярко выражены мутуалистические и конкурентные. Мутуализм – крайняя степень ассоциации между особями, при которой каждый извлекает выгоду из связи с другим организмом. Специфические внутривидовые связи – это отношения, направленные на воспроизводство: между особями разных полов и между родительскими и дочерними поколениями.

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

В современной биологии популяция рассматривается как элементарная единица в процессе эволюции, способная реагировать на изменения среды перестройкой своего генофонда.

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

а) площадью ареала популяции – они могут занимать территорию, сравнимую по площади с материком (популяции песка, краквы), и мо-

гут ограничиваться несколькими квадратными метрами (некоторые амфибии и моллюски);

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

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

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

## **2. Подходы к изучению популяций и их классификация**

Популяционный подход в экологии чрезвычайно важен. Мы с вами говорили об основных фундаментальных подразделениях экологии как науки, где указали на аутоэкологию, синэкологию и популяционную экологию. Популяционный подход, как отмечает А.М. Гиляров, в экологии по своему теоретическому и прикладному значению, по развитию концептуального аппарата и разнообразию используемых методов несколько не уступает экосистемному. Ибо экология в своем фундаменте имеет дело с характеристикой популяций, формирующих сообщества и биоценозы, которые являются основными элементами наряду с биотопами, элементами экосистем. Именно от этой фундаментальной основы зависят многие построения свойств и функционирования экосистем. Канадский исследователь Ч. Кребс даже писал, что «экология – это наука о взаимодействиях, определяющих распространение и обилие организмов». Эколога, в первую очередь, интересуют такие вопросы:

– почему конкретный организм встречается именно в конкретном месте;

– почему численность организмов в данном месте разная и чем она обусловлена;

– с чем связана и что определяет колебания численности организмов;

– почему численность видов неодинакова в разных частях своих ареалов;

– какие связи существуют внутри популяции между организмами, а какие между видами в сообществах, которые формируют совокупности популяций.

Для классификации популяций экологи руководствуются различными принципами.

Н.П. Наумов (1963), выделяя популяционные единицы, использовал *ландшафтно-биотопический* подход. Согласно ему наиболее крупные территориальные группировки вида – это подвиды, или географические расы. В пределах ареалов подвидов на территориях с однородными географическими условиями выделяются *географические популя-*

*ции*, характеризующиеся общностью приспособлений к климату и ландшафту. Географические популяции, в свою очередь, подразделяются на более мелкие популяции, населяющие различные участки среды обитания. К популяциям низшего ранга применяются такие названия, как *экологические, биотические, местные, локальные, элементарные*. Чем ниже ранг популяции, тем сильнее связь с соседними популяциями, больше степень обмена особями, менее выражены отличительные особенности.

С.С. Цварцем и его последователями развивался другой подход – *историко-генетический*. По их мнению, популяции как генетическое единство можно выделять только у видов с половым размножением и перекрестным опылением. При этом обязательным признаком популяции является ее способность к самостоятельному существованию на данной территории в течение неопределенно долгого времени за счет размножения, а не притока особей извне.

По В.Н. Беклемишеву, важно учитывать многообразие взаимодействия организмов со средой. В соответствии с этим подходом популяции выделяются:

- а) по способу размножения и степени генетической целостности:
  - популяции с перекрестным оплодотворением;
  - колониальные популяции;
  - популяции, для которых характерно и перекрестное оплодотворение и размножение, присущее для колониальных организмов (например, у которой существует и партеногенетическое размножение, при котором женские половые клетки развиваются без оплодотворения, и нормальное половое размножение с оплодотворением);
- б) по способу поддержания численности и времени существования:
  - *постоянные* популяции, возникающие в оптимальных местообитаниях, они способны к самовоспроизведению и не нуждаются в притоке особей извне для поддержания своей численности;
  - *временные* популяции существуют не только за счет внутреннего потенциала, но и в результате иммиграции особей извне;
- в) по способности к самовоспроизведению:
  - *независимые* популяции – способны воспроизводиться самостоятельно; приток особей в их репродукции не играет существенной роли;
  - *полузависимые* популяции – могут самовоспроизводиться, но иммиграция особей заметно повышает численность;
  - *зависимые* – смертность внутри популяции не компенсируется приплодом, без иммиграции особей популяция вымирает;
  - *псевдопопуляции* – совершенно не способны к самовоспроизведению, целиком зависят от притока извне. На о-ве Монерон обитает популяция тепловодного моллюска морское ухо. Они не нерестятся в этих холодных водах. Популяция же поддерживается за счет приноса личинок от берегов Японии с теплым Цусимским течением;

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

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

**3. Динамика численности популяций.** То, как по мере старения снижается численность особей одного возраста в популяции, показывает *кривая выживания*. Известны три основных типа кривых выживания. *Кривая I* соответствует популяции, большинство членов которой доживает до возраста, близкого к максимально возможному для данного вида (крупные млекопитающие). *Кривая II* отражает равную вероятность гибели особей в любом возрасте (птицы и пресмыкающиеся). *Кривая III* соответствует очень высокой смертности в раннем возрасте; для особей, переживших этот период, вероятность смерти низка (многие растения, беспозвоночные, рыбы).

В популяциях большинства видов животных и растений численность более или менее постоянна, но у некоторых видов она подвержена значительным колебаниям, иногда весьма регулярным, например, у полевков, леммингов, рыб, некоторых насекомых.

Скорость роста популяции определяется *биологическим потенциалом*, т.е. индивидуальными особенностями вида. Любая популяция теоретически способна к неограниченному росту численности, если ее не лимитируют факторы среды.

Динамика численности популяции во времени определяется соотношением показателей *рождаемости* и *смертности* особей, а также их *иммиграцией* и *эмиграцией*.

Факторы, действующие на численность популяции, экологи делят на две группы: *первичные* (ультимативные) и *вторичные* (сигнальные). К первичным факторам среды относятся: пища, конкуренты, паразиты, хищники, загрязнение и небиологические – температура, солевой состав (для гидробионтов), газовый состав атмосферы, осадки, климат. Действие ультимативных факторов прямое и неизбежное.

Вторичные факторы косвенно указывают виду на избыточность его численности.

**4. Стратегии развития человеческой популяции.** Теперь попытаемся понять, почему в наше время в промышленно развитых странах преобладают малодетные семьи. Во второй половине XVII в. сначала в Англии, а затем в Голландии и Франции началась промышленная рево-

люция, которая позднее в этих же странах переросла научно-техническую. За три столетия эти народы, изобретая и внедряя всякие новшества, успевали приспособливаться к новым, ими самими созданным условиям. С развитием гигиены и медицины детская смертность снижалась, продолжительность жизни увеличивалась и возросшая сначала с улучшением жизненных условий рождаемость постепенно снизилась. Англичане, голландцы и французы пережили демографический взрыв в XIX в. Поскольку рост популяции могла обеспечить и низкая рождаемость, она постепенно сокращалась. Позднее на этот путь встали немцы, шведы, прибалты, русские, а затем испанцы, грузины, японцы, которые завершают эпоху демографического взрыва в наше время.

В развивающихся странах Индии, Индокитае, на Ближнем Востоке, в Латинской Америке, в Средней Азии, Китае наблюдается демографический взрыв невиданной мощности, хотя экономически он этим странам неблагоприятен.

Народы этих стран встали на путь НТР последними, причем идут по нему слишком быстро, используя плоды не своих усилий. Снизилась детская и юношеская смертность. Высокая рождаемость, еще вчера жизненно необходимая в таких популяциях для компенсации детской смертности, быстро стала избыточной. Но рождаемость, не смертность. Она контролируется сложной популяционной системой, усиленной бытом, традициями, религией. Популяции требуется время, несколько поколений, чтобы привести рождаемость в соответствие с новым уровнем смертности.

## **Тема 10. Пространственная и временная структура популяции**

**1. Статические и динамические показатели популяции.** При описании структур и функционирования популяции используют две группы показателей. Если мы даем характеристику состояния популяции на конкретное данное время  $t$ , то мы используем **статические** показатели – количество особей в популяции, площадь ареала (пространства, где обитает данная популяция), плотность особей (средняя и в разных частях ареала), характер пространственного распределения особей, численность разных возрастных групп, численность особей разных полов, численность особей по разным размерам, численность здоровых и больных особей.

С другой стороны, эколога всегда интересуют изменения, которые происходят в популяции не только в пространстве, но и во времени. Именно такие наблюдения лежат в основе моделирования характера и степени устойчивости экосистем, зависимости поведения экосистем в условиях экологических кризисов, в том числе и антропогенных. Экологу очень важно знать, какие изменения произошли с популяцией за время от первого до второго наблюдения  $t_1 - t_0 = \Delta t$ . Иными словами, эколог

должен определить, с какой интенсивностью происходят все возможно наблюдаемые изменения в популяции.

Следовательно, **динамические** (временные) характеристики популяций связаны с понятием скорости, т.е., с какой скоростью происходят все изменения в популяции. К динамическим характеристикам относятся рождаемость, смертность, мгновенная скорость роста популяции, продолжительность жизни и кривые выживания. Динамические характеристики всегда строятся по конкретным изменениям, которые произошли в статических структурах. Поэтому классификация популяций по статическим структурам чрезвычайно важна.

Основными статическими показателями структуры популяций являются численность и распределение организмов в пространстве, а также соотношение разнокачественных особей. В популяции выделяют половые и возрастные группы и соответственно различают половую и возрастную структуру популяций. Обе эти характеристики иногда объединяют, говоря обобщенно о демографической структуре популяции. Кроме того, популяцию характеризует пространственная и этологическая (т.е. связанная с поведением) структура. Знание структуры популяции позволяет оценивать не только состояние популяции в данный момент, но и предсказать направление ее дальнейшего развития.

Исходя из вышесказанного, популяции можно также классифицировать по их *пространственной и возрастной структуре*, по постоянству приуроченности или смене сред обитания и другим экологическим критериям.

**2. Половая структура популяции.** Численное соотношение полов, т.е. половой состав, и особенно доля размножающихся самок в популяции, имеет большое значение для дальнейшего роста ее численности. Соотношение полов зависит, прежде всего, от биологии вида и сильно различается у *моногамных* (самец за сезон спаривается с одной самкой) и *полигамных* животных. Для первых (например, журавли, лебеди) нормой является соотношение полов 1:1. Для вторых (например, морские котики, павианы) типично преобладание самок. Среди моногамных животных почти постоянно имеются «резервные» самцы. Это уже половозрелые, но еще не размножающиеся животные; они представляют собой репродуктивный резерв популяции.

Неравномерность гибели разных полов, неодинаковая их выживаемость распространены среди животных. Как правило, более жизнеспособными являются самки.

В молодом возрасте самки и самцы различаются поведением. Самцы обычно более подвижны, менее привязаны к убежищам, поэтому чаще становятся жертвами хищников и непогоды.

При неблагоприятных условиях, когда популяция находится в депрессии, выживаемость самок резко возрастает и процент женских осо-

бей сильно превышает норму. Это явление имеет важное адаптивное значение, поскольку именно от самок зависит восстановление подорванной популяции.

Экологические и поведенческие различия между особями мужского и женского пола могут быть сильно выражены. Так, самцы комаров питаются нектаром растений и слизывают росу, а самки являются кровососущими.

Но даже если образ жизни самцов и самок сходен, они различаются по многим физиологическим признакам: темпам роста, срокам полового созревания, устойчивостью к климатическим изменениям, голоданию и т.д.

**3. Возрастная структура популяций.** В каждом возрасте требование особей к среде и устойчивость к отдельным факторам заметно различаются. На ранних стадиях особи, как правило, более чувствительны к любым неблагоприятным факторам, а в зрелом возрасте они обычно выносливее. Кроме того, на разных стадиях жизненного цикла могут происходить смены сред обитания, типов адаптаций, характера передвижения, общей активности. Часто возрастные экологические различия в пределах вида выражены значительно сильнее, чем различия между видами. Так, сидящие на морском дне моллюски и морские ежи и их пелагические личинки; травяные лягушки на суше и их головастики в водоемах, гусеницы и бабочки – это всего лишь разные стадии онтогенеза одних и тех же видов.

Возрастная структура у многих видов отличается большой сложностью. Так, в популяциях растений выделяют *четыре возрастные фазы*:

1) *латентный период* – фаза первичного покоя. В эту группу входят семена, плоды и другие зачатки растений;

2) *виргинильный* (девственный или юношеский) период, охватывающий группу растений в период от прорастания зачатков до образования генеративных органов;

3) *генеративный* период – фаза размножения семенами или другими разносимыми зачатками, т.е. время полового размножения;

4) *сенильный*, или старческий, период, к которому принадлежат особи, закончившие половое размножение и способные только вегетировать.

На каждом возрастном этапе особи растений характеризуются определенными отношениями со средой. Они выражаются в различиях питания, строении и размерах вегетативного тела, протекании биохимических процессов и т.д.

Среди животных различают следующие возрастные группы:

1) новорожденные (до момента прозревания);

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

3) полувзрослые – особи, близкие к половой зрелости;

4) взрослые – половозрелые животные, которые уже размножаются или физиологически способны к этому;

5) старые – переставшие размножаться особи, они часто играют заметную роль в жизни популяций, охраняя, воспитывая молодняк.

У долгоживущих и размножающихся многократно видов возникает относительно устойчивая структура популяции с длительным существованием различных поколений. У видов с непродолжительным периодом взрослого состояния ежегодно сменяется значительная часть популяции. Численность такой популяции неустойчива и может резко различаться в отдельные годы, а возрастная структура популяции сильно варьирует (полевка-экономка).

Возрастной состав популяции определяется несколькими причинами, среди которых можно указать на время достижения половой зрелости, общую продолжительность жизни, длительность периода размножения, продолжительность жизни поколения, частоту приплода, смертность, тип динамики численности.

Возрастная структура популяции является весьма неустойчивой характеристикой.

**4. Пространственная структура популяций.** Занимаемое популяцией пространство предоставляет ей средство к жизни. Каждая территория или акватория может прокормить лишь определенное число особей. Однако полнота использования ресурсов зависит не только от общей численности особей популяции, но и от их размещения в пространстве. Это хорошо видно на примере растений, «жизненная территория» которых не может быть меньше некоторой предельной величины (злаки – 25–30 см<sup>2</sup>). Перехватывая корнями питательные вещества и воду, выделяя активные вещества, каждое растение распространяет свое влияние на определенную территорию, поэтому оптимальным для популяции является такой интервал между соседними особями, при котором они не влияют отрицательно друг на друга.

Равномерное упорядоченное распределение особей на занимаемой территории в природе встречается редко. В каждом конкретном случае тип распределения в занимаемом пространстве оказывается приспособительным, т.е. позволяющим оптимально использовать имеющиеся ресурсы.

У подвижных животных имеются разнообразные способы упорядочивания распределения в пространстве. Эти животные делятся на две основные группы – *оседлых* и *кочевых*. При оседлом существовании животные в течение всей или большей части жизни используют довольно ограниченный участок среды. Этот образ таит в себе угрозу быстрого истощения ресурсов, поэтому у оседлых животных выработались приспособления, которые обеспечивают разграничения мест обитания отдельных особей или других внутривидовых группировок.

У оседлых видов пространственная структура популяции может быть *диффузной*, *мозаичной*, *пульсирующей* или *циклической*.

В популяциях *диффузного* типа животные в пространстве распределены дисперсно, не образуя обособленных поселений. Этот тип

структуры характерен для мелких млекопитающих открытых пространств (пустынь, степей).

*Мозаичный* тип размещения возникает тогда, когда пригодные для заселения места распределены в пространстве резко неравномерно (колонии кротов встречаются на луговинах и опушках леса).

*Пульсирующий* тип характерен для популяций с резким колебанием численности. В годы депрессий популяция состоит из обособленных поселений, в годы подъема – занимает всю пригодную территорию.

*Циклический* тип пространственной структуры характерен для оседлых животных, попеременно использующих разные участки в течение года (например, лемминги зимуют на сухих прибрежных возвышенностях, а летом переселяются на разнотравно-злаково-лишайниковые участки).

Циклический тип освоения территории оседлыми животными сходен с использованием ресурсов кочевыми популяциями. Наиболее заметно кочевничество у тех млекопитающих, образ жизни которых требует обширных пространств, - слонов, медведей, копытных и т.д.

Как видно, пространственная структура популяций очень динамична. Она подвержена сезонным и другим адаптивным перестройкам. Однако масштабы возможных изменений и тип использования территории определяются биологическими особенностями вида.

**4. Этологическая структура популяций животных.** Закономерности поведения животных изучает наука *этология*. Формы совместного существования в популяции чрезвычайно различны.

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

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

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

*Внутривидовые группировки* – стаи, стада, колонии, гаремы. Абиотические условия в большинстве случаев одинаково действуют как

на одиночную особь, так и на группу. Иначе влияют на индивида и группу индивидов биотические факторы.

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

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

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

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

### **Тема 11. Биоценозы островных экосистем**

Мы подробно познакомились с различными средами жизни: водной, почвенной и организменной. А в прошлом семестре говорили о наземно-воздушной среде жизни. Узнали, как живые организмы осваивают эти среды, какие приспособления получили они в ходе эволюции. Сегодня мы поговорим об особом типе местообитаний наземно-воздушной среды жизни – островах. Поговорим, с точки зрения экологии, как дисциплины, одной из основных проблем которой является охрана нашего хрупкого окружающего мира.

Человека с давних пор привлекали к себе острова, однако в течение веков он не мог осознать уязвимость их природы. Ограниченный по размерам остров не в состоянии приспособиться к вторжению нового колонизатора – человека. Даже непреднамеренно человек, высаживаясь на остров, нарушает его экологию, поскольку он заносит туда семена и споры растений на своей одежде и обуви и насекомых в продуктах и личных вещах. Островные биологические виды немногочисленны по сравнению с разнообразными формами жизни на континенте, поэтому человек ввозит на острова злаковые культуры и домашних животных, изменяя местную экосистему. Даже те острова, на которых человек не пожелал поселиться, оказались подвержены его воздействию, ибо в прошлом, когда плавание под парусами было длительным, а съестные припасы скудными, мореплаватели оставляли на бесплодных скалистых островках коз и других неприхотливых животных, чтобы в последующем команды проходящих мимо кораблей могли пополнить запасы продовольствия.

В наши дни на уединенные острова устремляются туристы в надежде отдохнуть от городской суматохи. Туристов становится все больше,

им нет дела до местной живой природы, которую они вытесняют. На других островах развитая экономика заставляет использовать каждую пядь земли. Каждый остров прекрасен. Какая-то суровая красота есть даже в голых скалистых утесах, выступающих из воды и противостоящих бушующим волнам. Пока еще есть далекие, труднодоступные или достаточно большие острова, на которых не сказалась губительная деятельность человека. Мы живем в эпоху, когда человек, чтобы выжить духовно и физически, должен осознать ценность природной среды. И в первую очередь надо обратить внимание на острова Мирового океана, ибо они так хрупки, что ими нельзя пренебрегать.

**1. Как возникают острова.** Сегодня, как и в прошлом, у берегов континентов и в открытом океане идет процесс образования островов. Океанические острова, никогда не имевшие связи с материком, увеличиваются по площади и высоте благодаря вулканической деятельности, в то время как другие острова – и континентальные, и океанические – разрушаются и погружаются в морскую пучину. Остров в большей мере, чем какая-либо другая геологическая форма, динамичен. Возраст одних островов исчисляется днями, других – тысячелетиями. Есть сравнительно немного и таких, которым уже десятки и сотни миллионов лет, к ним относятся в основном крупные острова. Примером цепи островов разного возраста, образовавшихся последовательно друг за другом, являются Гавайи: Кауаи, старший из крупных островов архипелага, возник свыше 5 миллионов лет назад, а острову Гавайи, расположенному на юго-восточном конце цепи, не более 1 миллиона лет. Острова, возникшие ранее Кауаи, растянулись далее к северо-западу от него и преимущественно скрылись под водой, оставив на поверхности коралловые атоллы и известковые островки. Вдоль каменистых побережий Северной Европы, Южной Африки, Северной Америки и Азии в результате систематического воздействия ветра и волн происходит отторжение участков суши от материка. Такие материковые фрагменты сначала отстояли от берега на расстоянии нескольких метров, а затем отступали далеко в море.

Для областей широкого континентального шельфа, полого опускающегося в сторону моря, характерны пляжи и песчаные отмели. В течение миллионов лет, когда под влиянием климатических и геологических факторов берег то выдвигался в океан, то отступал, формировался слой за слоем шельф. На шельфовом мелководье параллельные песчаные гряды, или бары, определяют контуры рельефа дна. Ближе к берегу они могут достигать достаточной высоты и выступать на поверхность, а могут вытягиваться в длинную песчаную косу, которая рано или поздно отделится от берега. Такие хрупкие острова становятся более устойчивыми, зарастая травой, так возникает экосистема. Растительный и животный мир таких островов, отделившихся от берега под действием мощных штормовых волн, некоторое

время будет таким же, как и на материке. Поскольку такой остров расположен вдоль побережья как защитная преграда от разрушительных штормовых волн, его называют *барьерным островом*. За ним лежит спокойная бухта или лагуна.

Формирование островов под действием волн и течений происходит во многих местах скалистых побережий обоих полушарий там, где отвесные скалы обрываются в море. Так береговая линия всегда искривлена, энергия волн рассеивается на одних участках и концентрируется на других. Волны несут тонны взвеси, постоянно воздействуя на отдельные участки, они способствуют сначала образованию перешейка, а затем размыву его. В результате возникает остров.

Изменения уровня океана вслед за ним очертаний берегов происходит постоянно. В эпохи оледенений уровень океана понижался, вода доходила порой до кромки шельфа, где он круто обрывался к большим глубинам. В периоды потеплений уровень океана повышался, и иногда даже превышал современный. В меловой период, около 100 миллионов лет назад, море поглотило большую часть равнинной Европы и значительную часть Северной Америки. Уровень моря превышал современный на 150 м. При повышении уровня моря низкие острова с прибрежными низко лежащими участками затопляются, а внутренние возвышенности могут образовывать острова. При понижении уровня океана некоторые затопленные приподнятые участки мелководья выступают из-под воды и на них возникают благоприятные условия для жизни растений и животных. И сегодня некоторые подводные горы с плоской вершиной, так называемые *гайоты*, хранят окаменелости далеких времен. Континентальные же острова при понижении уровня океана вновь соединяются с материком.

Некоторые острова строятся организмами и растениями. В мелководных прибрежных водах Карибского моря и Юго-Западного Тихого океана, где произрастают мангровые деревья, возникает защищенная среда. Илестые отложения накапливаются здесь в течение веков и наконец выступают на поверхность воды, предоставляя место для произрастания наземной растительности. Корни новых поселенцев укрепляют ил, наращивают общую массу отложений; прилетающие птицы заносят сюда семена других растений. На вновь образовавшуюся сушу находят путь животные. И вот остров построен и заселен. Пожалуй, наиболее известными из такого рода созданий породы являются коралловые острова. Такие острова приобретают большую прочность, когда свободный материал и фрагменты спрессовываются и превращаются в камень. Кораллы лепятся друг к другу, постепенно увеличивая размеры острова. Травы, кустарники, пальмы и другие деревья пронизывают корнями скудную почву, связывают ее и, отмирая, понемногу обогащают плодородный слой.

Но наиболее величественно и драматично рождение острова происходит в условиях, когда вулкан, возможно, миллионы лет формировавшийся в мрачных глубинах океана, с громом выходит на дневную поверхность. Вместе с тем и разрушение таких островов происходит также быстро, когда в результате извержения острова разлетаются на куски. Сегодня из 73 крупнейших действующих вулканов 42 расположены на островах, которые в большинстве своем сами являются результатом вулканической деятельности.

*Пионеры и колонисты.* Даже при небольших извержениях с относительно медленным движением лавы температура вязкой расплавленной породы достигает 1180<sup>0</sup>С. Очевидно, что при такой температуре никакая жизнь невозможна. Когда на Кракатау в 1883 г. произошло извержение вулкана, то от острова остались лишь вулканические останки – Раката. Извержение, одно из наиболее впечатляющих в летописной истории, было слышно за тысячи миль, а вулканический пепел, выброшенный высоко в атмосферу, вызвал интенсивные зори по всему земному шару в течение многих месяцев. Спустя несколько месяцев после извержения на острове не удалось обнаружить никаких признаков жизни; однако через три года там уже обосновались более двух десятков видов растений, а птицы регулярно посещали остров. В последующем колонизация Ракаты различными формами жизни развивалась быстро, и сегодня растительный и животный мир острова мало отличается от живого мира соседних островов. Темпам заселения Ракаты, конечно, благоприятствовало расположение ее в непосредственной близости от двух более крупных островов, но сам этот процесс не имел принципиальных отличий от развития живого мира на вулканических островах, возникших среди океанских просторов.

Как проникает жизнь на океанский остров? Ч. Дарвин во время экспедиции на «Бигле» брал в открытом океане пробы воздуха, в которых обнаружил споры, семена, насекомых и паутинки, переносимые ветром. Сейчас известно, что птицы могут переносить на лапах и перьях семена и споры растений, клещей, яйца насекомых и даже икринки рыб. Некоторые семена, например кокосовые орехи, могут преодолеть большие расстояния по океану, прежде чем будут выброшены на берег и прорастут. Морякам доводилось видеть далеко от берегов естественные плоты из переплетенных растений, унесенных потоком от берега реки или из прибрежной зоны. Такие плавучие скопища растений бывали иногда столь велики, что их принимали за острова. Эти естественные плоты могли нести небольших млекопитающих, рептилий, насекомых, пауков, многоножек, улиток и другие существа (по-видимому, среди них не могло быть земноводных и земляных червей, поскольку их влажная кожа чувствительна к иссушающему действию морской воды). Как попали на острова Новой Зеландии примитивные лягушки, остается загадкой.

**2. Эволюция органического мира островов.** Одним из непрерывно свершающихся чудес нашей планеты является эволюция форм жизни: организмы одного типа, изменяясь, постепенно превращаются в другие, лучше приспособленные к изменившейся среде. Наш мир очень богат примерами эволюционных превращений. Этим мы обязаны целому ряду факторов, в том числе изоляции. Наземные растения и животные на острове отделены от ближайшей территории водой. Они замкнуты в своем островном мире. Как уже говорилось, организмы попадают на острова разными способами. Вероятность добраться до острова очень мала. Тем не менее нет такого острова, на котором за достаточно длительный срок не появилось бы жизни. Как только организм обосновался на новом месте, начинают проявляться следствия его изоляции. Любое живое существо, а равно и любое растение, отличается от любого другого. Индивидуальные отличия в длине конечностей, или площади листа, или размере крыла у отдельных особей, накапливаясь в поколениях, могут в конечном счете стать наследственной особенностью этих организмов. В прежде однородной популяции начинают проявляться признаки расщепления на группы с отчетливыми различиями в строении и поведении. Постепенно контакты между такими группами прекращаются. Одни птицы могут жить высоко в горах, другие – на скалистом побережье, третьи – в густых кустарниках. Различия между птицами, благоприятствующие их выживанию в столь разнящихся местах обитания, накапливаются, и по прошествию длительного времени такие группы эволюционируют в виды, которые не могут спариваться со своими родичами из-за пространственной отдаленности, манеры поведения, отличия морфологической или генной структуры. Такой эволюционный процесс постепенного образования из группы животных либо растений многочисленных новых видов, способных освоить еще не освоенные кормовые ресурсы, называется *адаптивной радиацией*.

Именно его наблюдал Ч. Дарвин в сентябре-октябре 1835 г. на скалистых вулканических островах Галапагос. Он обнаружил там птиц, которые хотя и напоминали вьюрков, виденных им в Южной Америке, но все были специализированы и мало похожи друг на друга. У этих 14 видов птиц, имевших общего предка, конкурентная борьба за корм и места гнездования была ослаблена либо исчезла вовсе. Особенно пристальное внимание он обратил на клюв вьюрков: у одних клюв был толстый, дробящий, у других – длинный, зондирующий, у третьих – острый, как ножницы. К одному из шести родов относится дятловый вьюрок, одно из редких в мире животных, использующих орудия. Галапагосские вьюрки вошли в историю как первый пример адаптивной радиации. На Гавайских островах эффект изоляции проявился еще более наглядно у гавайских цветочниц и улиток. Дарвин подметил также некоторые отличия между гигантскими сухопутными черепахами различ-

ных островов, он наблюдал за двумя видами игуан, избравших различные места обитания: море и сушу.

Как известно, сегодня около 40% из 700 видов растений Галапагосского архипелага эндемичны и почти все крупные наземные животные в процессе развития заметно изменились и отличаются от своих предков-иммигрантов.

Современник Ч. Дарвина Рассел Уоллес многие годы наблюдал мир дикой природы Амазонки и собирал ботанические и зоологические коллекции. Еще более длительным оказался для него период исследований островов Малайского архипелага. Путешествуя с острова на остров в архипелаге, вытянутом на 2500 миль, он не только обнаружил расхожимость видов, но и убедился, что количество типов животных неуклонно уменьшается по мере удаления от Малаккского полуострова.

Одно из наиболее замечательных открытий Уоллеса связано с узким проливом между островами Бали и Ломбок – так называемой линией Уоллеса. В прошлом, когда уровень океана был ниже современного, острова, западнее этой линии, были связаны между собой, но пролив был достаточно глубок и отделял западную часть архипелага от восточной. Уоллес, который не был океанографом, все свои выводы о подводной топографии основывал на различиях в дикой природе островов.

**3. Человек и острова.** Выше говорилось об относительной недолговечности островов. В масштабах человеческой жизни более наглядно проявляется недолговечность растений и животных, населяющих острова. Существова тысячелетия в условиях неизменной среды, где посторонние организмы появляются лишь случайно, биологические сообщества острова специализируются настолько, что становятся крайне уязвимыми при вмешательстве извне. В XVII–XVIII вв. команды кораблей оставляли на островах коз и свиней; эти брошенные животные истребляли туземную флору, а со многими видами растений исчезали насекомые, птицы, рептилии, млекопитающие. Кошки и собаки уничтожали мелких островных обитателей, не имевших ни физических возможностей, ни поведенческих навыков для защиты от этих хищников. Новые травы, злаки, сорняки, кустарники, деревья, сельскохозяйственные культуры вытесняли туземную растительность, которая смогла сохраниться лишь в глубоких долинах, горах или потаенных недоступных местах. Ни в тропиках, ни в средних широтах сегодня уже не осталось девственных островов.

Первые мореплаватели отмечали особенности увиденных животных. Одним из наиболее удивительных был дронг на о. Маврикий в Индийском океане. Эта птица не летала, имела сильно редуцированные крылья. Но следует предположить, что когда-то их предки были способны к полету. Эти птицы были любопытны и доверчивы. Ловить и убивать их было нетрудно, а места их обитания не были защищены от

вторжения свиней и других домашних животных. Сегодня дронтов уже не сохранилось, лишь на некоторых языках слово додо (или дронт) стало употребляться для обозначения глупого существа.

Дронтам были свойственны многие характерные особенности островных животных: гигантизм, доверчивость, некоторая вялость (хотя они довольно быстро бегали и, имея массивный клюв, сильно кусались), отсутствие способности к полету и многочисленность.

Многие, хотя и не все, островные животные достигают больших размеров. Хотя в развитии некоторых животных отразилась и противоположная тенденция, и они стали меньше, тем самым как бы расширив свою территорию. Пример такой карликовости – некоторые виды ящериц на тропических островах. Но возвращаясь к гигантизму, отметим, что самые большие виды птиц обитали на островах – ныне они истреблены человеком. Девятнадцать видов моа были распространены в Новой Зеландии до прибытия маури, начавших охоту на этих птиц. Самый крупный из этих ныне вымерших видов достигал трехметровой высоты и весил около 250 кг, а его яйцо весило 7 кг. Далеко от этих мест, на Мадагаскаре, обитала еще более крупная нелетающая птица – слоновая птица. Она не была столь высокой, но весила в два раза больше и откладывала яйцо диаметром 35 см, равное по объему 180 куриным яйцам.

Гигантизм как одно из следствий изоляции распространяется и на растения. На многих океанических островах кустарники по высоте не уступают деревьям, но еще более замечательно, что им не уступают и травы. Представители семейства подсолнечниковых на Галапагосах, плющ в Новой Зеландии – все эти растения не ниже деревьев. Из травянистых растений такой высоты достигает подорожник, латук на Канарских островах. В чем преимущества гигантизма? Ответ легче дать от обратного: в условиях островной среды большие размеры не приносят организмам вреда. Травоядные животные нашли на островах изобилие растительного корма и за тысячелетия и за много поколений стали крупнее. Иногда единичный вид, например, комодский варан на Малайском архипелаге, оказывался в роли основного эндемичного хищника на острове, изобилующем добычей. Некоторые рептилии, к примеру гигантские черепахи, растут до конца жизни. Если на острове нет хищников – во всяком случае хищников, угрожающих взрослым особям, – и нет серьезной межвидовой конкуренции, такие животные могут достигать огромных размеров.

Утрата способности к полету свойственна не только островным птицам, таким, как моа, дронт, новозеландский киви, гавайский пастушок, галапагосский баклан, но и некоторым насекомым. Крупным птицам развитые летные качества не так уж необходимы. Гавайская казарка, выраженный потомок канадской казарки, подолгу разгуливает по горным склонам в поисках пищи. В XIX в. еще существовали большие

стаи этих птиц, но уже тогда они летали меньше и не столь далеко, как их материковые сородичи.

С насекомыми дело обстоит иначе. Небольшое, переносимое по воздуху крылатое насекомое, поднимись оно случайно слишком высоко, может быть подхвачено пассатным потоком и погибнет в океане. Поэтому, если у некоторых особей крылья окажутся меньше и слабее, то это будет способствовать их выживанию, и качество станет наследственным. Бескрылые мухи обычны на океанских островах.

Обитатели островов, как правило, очень доверчивы. Альбатросы на островах Мидуэй не отказываются от обычных мест гнездования, пусть даже по ним протянулась взлетно-посадочная полоса.

Заметная вялость некоторых островных животных, возможно, связана с отсутствием естественных хищников и, соответственно, чувства страха. Что может угрожать животным, утратившим способность ловко и быстро передвигаться, в условиях избытка пищи, отсутствия хищников и мягкого климата?

И, наконец, животные островов характеризуются многочисленностью. На островах редко встречается многообразие видов, зато каждый вид представлен избыточно.

## Тема 12. Концепция экосистемы.

### Классификация, структура, функционирование

На двух предыдущих занятиях мы обсуждали с вами проблемы двух подразделений экологии: аутоэкологии и популяционной экологии. Сегодня мы начнем знакомство с синэкологией – наукой, которая занимается изучением сообществ живых организмов в неразрывной связи с окружающей их средой. Для этого вспомним такие главные понятия экологии, как *биоценоз*, т.е. совокупность организмов разных видов, и *биотоп*, т.е. пространство, занимаемое биоценозом. Это географическое пространство обладает достаточными для поддержания жизни ресурсами. Биотоп может быть как неорганической, так и органической природы (у паразитов).

**1. Определение термина «экосистема».** *Биоценоз и его биотоп составляют два неразрывных элемента, действующих друг на друга и образующих более или менее устойчивую систему, называемую экосистемой* (Тэнсли, 1935). Иными словами, экосистема состоит из двух компонентов. Один из них – *органический*, это населяющий ее биоценоз, другой *неорганический*, т.е. биотоп, дающий пристанище этому биоценозу.

С точки зрения рельефа местности, а также с климатической, ботанической и зоологической, почвенной, гидрологической и геохимической, экосистема в известной степени *однородна*. Интенсивность обмена вещества и энергии между компонентами экосистемы составляет

один из ее отличительных признаков. В термодинамическом отношении экосистема относится к *открытым* системам, относительно стабильным во времени. Элементами, поступающими в экосистему, являются солнечная энергия, минеральные вещества почвы и газы атмосферы, вода; выходящими элементами, покидающими экосистему, являются тепло, кислород, углекислый газ и другие газы, перегной и биогенные вещества, переносимые водой, и т.д.

Большинство экосистем сложилось в ходе длительной эволюции и является результатом приспособления видов к окружающей среде. Экосистемы обладают **саморегуляцией** и способны противостоять, по крайней мере в известных пределах, изменениям окружающих условий и резким колебаниям плотности популяций.

Идеальным примером экосистемы может служить озеро. Это четко ограниченное сообщество, различные компоненты которого нераздельно связаны друг с другом и являются объектами многочисленных взаимодействий.

**2. Классификация и типы экосистем.** Термин «экосистема» применим к взаимодействию биоценозов и биотопов различного размера. При этом различают:

- микроэкосистемы, подобные стволу погибшего дерева;
- мезоэкосистемы, например лес или пруд;
- макроэкосистемы, такие, как океан;
- мегаэкосистемы, биосфера, объединяющая все существующие экосистемы.

Экосистемы классифицируются и по другим признакам. Например, выделяют *естественные* и *искусственные* экосистемы. Широко используется классификация по **биомам**. Этот термин обозначает крупную региональную экосистему, характеризующуюся каким-либо основным типом растительности или другой характерной особенностью ландшафта. Различают **наземные биомы** (тундра, бореальные хвойные леса, листопадный лес умеренной зоны, степь, саванна, пустыня, вечнозеленый тропический дождевой лес), **пресноводные** экосистемы (стоячие, текучие, заболоченные), **морские** экосистемы (пелагические, прибрежные).

Переход от одной экосистемы к другой может быть более или менее резким. Однако во всех случаях существует переходная зона, которая может захватывать территорию от нескольких метров (береговая зона озера) до десятков километров (переходная зона между лесами и степями). Переходную зону называют **эктоном**. К нему относятся, например, болотистые пространства, располагающиеся между прудом и окружающими его наземными формациями; заросли кустарника, отделяющие лес от поля. Фауна экотонов и в видовом отношении, и числен-

но богаче соседних биоценозов, так как здесь происходит смешение видов. В этом состоит проявление так называемого *краевого эффекта*.

**3. Состав и структура экосистем.** Сточки зрения **трофической структуры** (от греч. *τροφή* – питание) экосистему можно разделить на два яруса: 1) верхний *автотрофный* (самостоятельно питающийся) ярус, или «зеленый пояс», включающий растения, содержащие хлорофилл, где преобладают фиксация энергии света, использование простых неорганических соединений и накопление сложных органических соединений и 2) нижний *гетеротрофный* (питаемый другими) ярус, или «коричневый пояс» почв и осадков, разлагающихся веществ, корней и т.д., в котором преобладают использование, трансформация и разложение сложных соединений. С **биологической точки зрения** в составе экосистемы удобно выделять следующие компоненты: 1) *неорганические вещества* (C, N, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и др.), включающиеся в круговороты; 2) *органические соединения* (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и т.д.), связывающие биотическую и абиотическую части; 3) *воздушную, водную и субстратную* среду, включающую климатический режим и другие физические факторы; 4) *продуцентов*, автотрофных организмов, в основном зеленые растения, которые могут производить пищу из простых неорганических веществ; 5) *консументов*, в основном животных, питающихся растениями и другими животными; 6) *деструкторов*, в основном бактерий и грибов, получающих энергию путем разложения мертвых тканей. В результате деятельности деструкторов высвобождаются неорганические элементы питания, пригодные для продуцентов.

**4. Перенос энергии и вещества в экосистемах.** *Энергию* определяют как способность производить работу. Свойства энергии описываются следующими законами. **Первый закон термодинамики**, или *закон сохранения энергии*, гласит, что энергия может переходить из одной формы в другую, но она не исчезает и не создается заново. **Второй закон термодинамики**, или *закон энтропии*, формулируется следующим образом: процессы, связанные с превращением энергии, могут происходить самопроизвольно только при условии, что энергия переходит из концентрированной формы в рассеянную. К примеру, тепло горячего предмета самопроизвольно стремится рассеяться в более холодной среде. **Энтропия** – мера количества связанной энергии, которая становится недоступной для использования. Этот термин также используется как мера изменения упорядоченности.

Важнейшая термодинамическая характеристика организмов, экосистем и биосферы в целом – способность создавать и поддерживать высокую степень внутренней упорядоченности, т.е. состояние с низкой энтропией. Это состояние достигается постоянным рассеиванием легко используемой энергии (свет, пища) и превращением ее в энергию, используемую с трудом (тепловую).

Основным источником энергии, поступающим извне, является лучистая энергия, которая усваивается организмами-продуцентами в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, накапливаясь в форме органических веществ. Помимо этого энергия поступает в экосистему и из почвы в виде питательных веществ, а также преобразуется продуцентами. На следующем этапе преобразования энергии ранее созданные питательные вещества используются консументами. И последний этап – это высвобождение энергии в результате функционирования деструкторов. Высвобожденная энергия содержится в неорганических веществах в почве, а также в виде тепловой и других типов энергии в окружающей среде. Таким образом, осуществляется обмен энергии в экосистеме. Так как экосистемы относятся к открытому типу систем, то неизбежны утечки энергии, а также поступление энергии из других источников.

Энергия необходима:

- 1) на поддержание жизни, т.е. основной обмен;
- 2) на перемещение в пространстве;
- 3) на обеспечение роста;
- 4) на формирование элементов, необходимых для размножения, и образование углеводов и жировых запасов.

**5. Пищевой цепью** называют ряд живых организмов, в котором одни организмы поедают предшественников по цепи и в свою очередь оказываются съеденными теми, кто следует за ними.

Существуют **два типа пищевых цепей**: одни начинаются живыми растениями *автотрофами*, которыми питаются *травоядные* животные; другие начинаются неживыми и более или менее разложившимися веществами растительного или животного происхождения, потребляемые *детритоидными* формами.

1. В случае, если цепь начинается с живых растений, можно выделить следующие категории: продуценты (растения), первичные консументы (травоядные животные), вторичные консументы, третичные консументы и деструкторы.

Среди цепей, начинающихся с животных, можно выделить *цепи хищников* и *цепи паразитов*.

Трава → кролик → лисица

Трава → травоядное млекопитающее → блохи → жгутиковые одноклеточные

2. В целом ряде случаев цепи начинаются с неживых органических веществ, когда консументами оказываются детритоидные организмы. Это могут быть мелкие животные, преимущественно многочисленные беспозвоночные (черви), которые живут в почве, питаясь опавшей листвой, или же бактерии и грибы, разлагающие органические вещества.

Организмы считаются принадлежащими к одному **трофическому уровню** в том случае, когда в цепи питания они отделены от раститель-

ности равным числом звеньев. Зеленые растения составляют первый трофический уровень.

Трофическую структуру экосистемы можно описать, пользуясь данными по численности особей, биомассы или энергии. Эту структуру можно изобразить также графически с помощью **экологических пирамид**.

Если представить пищевую цепь хищников в виде расположенных один на другом прямоугольников равной высоты, длина которых пропорциональна числу особей в каждом трофическом уровне, то получается фигура, называемая *пирамидой чисел*. Она тем выше, чем большее число трофических уровней включает данная цепь. Поскольку число особей от первого к последнему трофическому уровню обычно уменьшается, пирамида имеет вид треугольника, обращенного вершиной вверх.

В *пирамиде биомасс* для каждого трофического уровня указывают биомассу соответствующих организмов.

*Пирамиды энергии* являются наилучшим способом графического изображения структуры экосистемы. Каждый трофический уровень изображается прямоугольником, длина которого пропорциональна количеству энергии, накопленной в этом уровне единицей площади (или объема) в единицу времени.

**Трофические сети** отображают совокупность всех трофических связей, которые имеются в той или иной экосистеме.

**6. Биогеохимические циклы.** Важную роль при переносе материи в экосистемах играет существование постоянных циклов элементов. Последние существенно отличаются от преобразованной энергии, которая в конце концов деградирует в виде тепла и никогда не используется снова.

Для синтеза протоплазмы живым организмам необходимо примерно 40 элементов, из которых самыми важными являются углерод, азот, водород, кислород, фосфор и сера.

**Круговорот углерода.** Единственным источником углерода для растений служит углекислота, входящая в состав атмосферы или находящаяся в растворенном состоянии в воде. В процессе фотосинтеза углекислота превращается в органические вещества (углеводы, белковые вещества, липиды), служащие пищей животным. Дыхание, брожение и сгорание топлива возвращает углекислоту в атмосферу.

**Круговорот азота.** Источником азота служит азот атмосферы и азот, содержащийся в трупях. Свободный азот могут использовать лишь немногие организмы – фиксаторы азота – бактерии, живущие в клубеньках бобовых, и некоторые сине-зеленые водоросли. Белковые вещества трупов благодаря деятельности бактерий превращаются в аммонийные соединения, а также нитриты и нитраты. Эти вещества служат источником азота для зеленых растений.

**Круговорот фосфора.** Основные запасы фосфора содержат различные горные породы, которые постепенно отдают свои фосфаты наземным экосистемам. Фосфаты потребляются растениями и используются ими для синтеза органических соединений. При разложении трупов животных бактериями фосфаты возвращаются в почву и затем снова используются растениями.

**Круговорот воды.** В средних широтах растения способны задерживать до 25% воды, выпадающей в виде осадков. Остальная вода впитывается в почву или стекает по ее поверхности. Благодаря испарению часть ее возвращается в атмосферу.

**7. Динамика экосистем.** Одно из основных свойств экосистем – это их динамизм. Наблюдения за заброшенным полем показывают, что его последовательно завоевывают сначала многолетние травы, затем кустарники и, наконец, древесная растительность. **Понятие сукцессии** известно давно, но более детальное изучение этого явления и большая часть терминов, используемых при описании биоценозов, связаны с именем Клементса.

Основными факторами, влияющими на развитие экосистем, являются: климатические (изменения, произошедшие в четвертичный период во время межледниковых и ледниковых периодов), геологические (эрозия, горообразование, вулканизм), эдафические (развитие почв), биологические (межвидовая конкуренция), деятельность человека (пожары, вырубки, интродукция новых видов животных и растений).

**Сукцессии** бывают первичными и вторичными.

**Первичными сукцессиями** называют освоение живыми организмами тех станций, которые никогда прежде не были заселены, т.е., иными словами, пустых мест. Впервые поселяющиеся в них организмы именуют *пионерами*. Конечным этапом эволюции экосистемы является стабильный биоценоз, находящийся в равновесии со средой. Этот этап называется *климаксовым*.

**Вторичные сукцессии** появляются в станциях, которые уже были заселены, но лишились своих обитателей в результате климатических (оледенения, пожары) или геологических (эрозия) явлений, а также из-за вторжения человека (распашка полей).

Говоря об **устойчивости экосистем**, или их стабильности, мы должны отметить, что существуют два типа стабильности: *резистентная устойчивость* (способность оставаться в устойчивом состоянии под нагрузкой) и *упругая устойчивость* (способность быстро восстанавливаться). Для экосистем эти два типа устойчивости не могут одновременно полноценно развиваться. Так, калифорнийский лес из секвойи довольно устойчив к пожарам (для этих деревьев характерна толстая кора и другие адаптации), но если он все же сгорит, то восстанавливается очень медленно или не восстанавливается вовсе. Напротив, калифорнийские заросли чапаралия очень легко выго-

рают (низкая резистентная устойчивость), но быстро восстанавливаются (отличная упругая устойчивость).

И еще одно замечание. Устойчивость экосистем обусловлена эффективностью действия внутренних механизмов экосистемы. Выполнение функций жизнеобеспечения экосистеме не одним, а несколькими видами или компонентами повышает стабильность экосистемы.

**8. Искусственные экосистемы.** Примерами таких экосистем могут быть космический корабль, город как гетеротрофная экосистема, т.е. питающаяся другими, агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы).

*Космический корабль.* Для путешествий в несколько дней или недель не требуется полностью автономная экосистема, так как необходимый запас кислорода и пищи берется с собой, а углекислота и другие отходы могут быть на короткое время изолированы или обезврежены. Для более длительных путешествий потребуется закрытый или обладающий более полными системами регенерации космический корабль, на котором должны иметься все жизненно важные абиотические вещества и средства для их многократного использования. В нем должны осуществляться сбалансированные процессы продуцирования, потребления и разложения организмами или их искусственными заместителями. По сути дела космический корабль представляет собой микросистему, включающую человека.

Для настоящих регенеративных экосистем, которые могли бы долгое время находиться в космосе, не получая ничего с Земли, потребовались бы крупные организмы, и в частности такие, которые могли бы идти в пищу человеку, значительное видовое разнообразие, и прежде всего – большие емкости, заполненные воздухом и водой. Основная задача – решение проблемы накопителей отходов, регуляторов и регенераторов. Очевидно, что эти функции должны взять на себя механические устройства.

Пока мы не имеем представления о том, как сконструировать мезокосмос с включением в него человека.

*Город* отличается от естественной экосистемы: 1) гораздо более интенсивным метаболизмом на единицу площади, для чего требуется большой приток энергии извне (горючие ископаемые); 2) большими потребностями в поступлении вещества извне; 3) более мощным и ядовитым потоком отходов. Город практически не производит пищи или других органических соединений, не очищает воздух и почти не возвращает воду и неорганические вещества в круговорот.

Агросистемы отличаются тем, что: 1) получают вспомогательную энергию в виде мышечных усилий человека и животных, удобрений, пестицидов, орошающей воды, работы машин и т.д.; 2) разнообразие

организмов резко снижено; 3) доминирующие виды подвергаются искусственному отбору. Агросистемы организованы так, чтобы направлять как можно больше энергии на производство продуктов питания.

### **Тема 13. Происхождение и эволюция основных сред жизни на Земле**

Тема занятия – прошлое Земли. Важность далеких от нынешних дней событий для всех нас неоспорима. Прошлое живо в настоящем. Настоящее своим существованием обязано прошлому, и часто можно проследить поразительные связи сквозь горы времени между жителями нашей планеты, преемственность между климатами и ландшафтами разных эпох.

**1. Что было на ранних этапах геологической эволюции?** Итак, вначале были вулканы. Как и нынче, они изливали лаву, извергали газы и пепел. Все это происходило на юной Земле, только что подернувшейся молодой корочкой почти того же состава, что и выплавившая ее мантия. Океана не было просто потому, что еще не было жидкой воды. А океанический, однослойный тип коры уже был...

Газы, извергаемые вулканами, образовали вторичную атмосферу Земли, состоящую в основном из азота, углекислого газа и водяного пара, пришедшей на смену первичной догеологической метаноаммиачной атмосфере. На остывшей коре появились зачатки будущего океана, собирающие в себе воду, выведенную вулканами из мантии.

Вулканы изливали лаву, пепел, наращивали вокруг себя толщу коры, магма проходила все более запутанным и долгим путем и стала успевать по дороге расслаиваться, дифференцироваться. Так появились в составе коры базальты, затем андезиты, дациты и, наконец, граниты, которые, многократно переплавляясь и путешествуя в виде магмы, начали накапливаться. Так появились гранитные ядра будущих континентов.

А что же живое на Земле? Первые признаки клеток сине-зеленых водорослей находятся в слоях 3,2-миллиарднолетней давности. Но с момента появления нашей планеты прошло уже 1,3–1,5 миллиарда лет. Много это или мало? Современные биологи считают, что самым трудным было создать клетку.

**2. Происхождение жизни.** Некоторые ученые высказывают крайнюю, скептическую точку зрения. Самозарождение жизни на Земле – счастливая случайность. Для ее осуществления требуется такое количество нечаянных совпадений, что вероятность этого события скорее становится невероятностью. Поэтому связывается с межзвездными полетами. Другая точка зрения, оптимистическая на первый взгляд гипотеза панспермии, постулирующая повсеместное распространение жизни. Согласно этой гипотезе в метелях космической пыли летят споры наиболее простых форм жизни.

Но существует и третья группа ученых, которые добились немалых успехов. Они пытаются воссоздать первичную атмосферу Земли и под действием электрических разрядов получают сложные органические соединения. В том числе и аминокислоты – «кирпичики» белков, которые являются основой жизни.

Пока в атмосфере не было кислорода, а значит, и озона, задерживающего ультрафиолет, органические вещества могли потреблять солнечную энергию, медленно создаваться и накапливаться без фотосинтеза. Когда появились порфирины – вещества (к ним принадлежат хлорофилл, красный гемоглобин), способные к самокатализу, вступил в действие механизм фотосинтеза. Он начал формировать кислородную атмосферу, а значит и озоновый экран. Это была **вторая атмосферно-дыхательная революция**, по мнению американского палеоклиматолога Р. Фейбриджа. Первая совпадает с моментом зарождения жизни, когда появился первый бескислородный обмен веществ.

Чем глубже в земные слои уходит геолог, тем реже обращается он к специалисту по ископаемым растениям и животным – палеонтологу. И происходит это потому, что там, в довольно однообразных отложениях докембрийских протерозойских времен, не осталось свидетелей прошлого – окаменелостей.

**3. Докембрийский этап.** Границу между кембрием и докембрием (570 млн лет назад) называют **вендом**. В этот довольно короткий период Земля как будто сразу, мгновенно обрела жизнь – десятки, сотни видов, родов, семейств животных.

Докембрийский период еще называют *криптозоом* – эрой скрытой жизни – в отличие от *фанерозоя*, последних шестисот миллионов лет жизни явной. Но докембрийские эпохи чуть ли не в десять раз длиннее фанерозоя.

Мягкотелые животные докембрия не имели скелета. Но были в эти давние эпохи существа, способные сообща строить известковые постройки, рифы, своего рода коллективные скелеты. Этими организмами были примитивнейшие из живущих и ныне на Земле организмов – одноклеточные сине-зеленые водоросли. Их коллективные постройки называются *строматолитами*.

Если задаться вопросом: «Какой же организм был предком современных растений и животных?». Мы должны, отвечая на него, признать, что этот древний организм не был ни животным, ни растением, ни многоклеточным, но было в этом предке заложено что-то, что позволило разделившись впоследствии двум царствам животных и растений развиваться параллельно и параллельно, но независимо вырабатывать сходные черты.

Все живое со времен Аристотеля делилось на два царства. К середине 20 в. эта точка зрения устарела. Большинство современных ученых призна-

ет необходимость выделения таксонов еще более высокого ранга, чем царство, а именно надцарство. Таких надцарств два: прокариоты (организмы, которые не имеют ограниченного мембраной ядра – все бактерии) и эукариоты (организмы, клетки которых содержат оформленные ядра). Надцарство прокариот включает царства архебактерий и бактерий, надцарство эукариот – три царства – животные, грибы и растения.

В конце докембрийской эры в водах Земли господствовали бесскелетные кишечнополостные животные. Подобно растениям жили зарослями и почковались мягкие предки коралловых, гидроидных полипов. Жили в тесноте и в обиде: потомство сидячих животных поселялось рядом и сразу становилось конкурентом родителей. Тут-то природа и изобрела впервые второе поколение – подвижных половых существ медуз. Кишечнополостные сразу стали властителями морей.

Предполагают, что в ходе эволюции именно планула (личинка) медузы стала родоначальницей совершенно нового типа животных – гребневику. Гребневику предстояло стать мостиком от кишечнополостных к хордовым. С позднего докембрия, на протяжении кембрия и, возможно, еще и ордовика проходил эволюционный путь от киселеобразных бесскелетных существ к пусть незатейливым рыбам, позвоночным, морским животным. Хорда прекрасно скрепляла длинное тело. А удлиненное тело выгодно для передвижения в плотной среде. В конце силурийского периода появляются первые хордовые рыбообразные животные. У этих существ был еще внешний скелет, не было ни плавников, ни зубов, зато передняя часть была закована в панцирь.

Техническая эволюция панцирных рыб произошла в разгар девона. У них появляются горизонтальные гидродинамические рули на брюхе. Уменьшается или исчезает головной панцирь, длиннее становится двигательная часть тела.

**4. Третья атмосферно-дыхательная революция** произошла, когда содержание кислорода в атмосфере достигло одного процента от современного. Остальное – азот и очень много углекислого газа. Атмосфера походила на современную атмосферу Венеры. Самое важное изменение произошло в океане. В это время (шестьсот миллионов лет назад, начало кембрия) вода океанов, насыщенная углекислым газом, стала чуть щелочнее, как сейчас. Это затруднило удаление некоторых продуктов жизнедеятельности, например извести, для многочисленного мягкотелого животного мира. Самые разные виды, роды, классы животных на рубеже докембрия и кембрия научились одеваться в панцири и раковины, строить себе внутренние скелеты.

**5. Четвертая атмосферно-дыхательная революция** грянула в каменноугольный и пермский периоды. Роскошные влажные леса каменноугольного и пермского периодов выделили огромное количество кислорода. Возможно, его было больше, чем когда-либо на Земле. И не

этим ли объясняется появление на планете гигантских насекомых. Размах крыльев стрекоз каменноугольного периода достигал одного метра. Ведь, по мнению биологов, размеры насекомых ограничены именно способом их дыхания и кровообращения: при больших размерах тела кислорода насекомым не хватает при нынешнем составе воздуха. Для этого периода характерно и быстрое оскудение растительного мира. Это также может быть следствием «нерасчетливого» потребления пышной растительностью углекислого газа из атмосферы и океана, в результате чего зеленый мир обрел себя на полуголодное существование.

Недостаток углекислого газа в атмосфере, возможно, явился причиной пермокарбонového оледенения. Ведь известно, что углекислый газ создает тепличный эффект, тем самым способствует накоплению тепла.

Каменноугольный период – вспышка жизни. Воздух над целыми континентами был мокр, как губка. Даже влаголюбивые растения снабжали себя «дыхательной смесью» – воздухом, который хранился в специальной крупнопористой ткани. Деревья-гиганты, чтобы не упасть в хлипкую жижу, обзаводились подпорками-ризофорами. Было жарко, вечное лето, и у деревьев не было годичных колец. Все стремительно росло, также стремительно отмирало, падало, засасывалось трясиной, превращалось в торф – полуфабрикат угля.

Карбон – период, когда жизнь полностью завладела планетой. Первые сухопутные растения девона в этот период образовывали дремучие леса. Появились голосеменные, заселяющие более сухие участки, способные размножаться без воды.

Поражает однообразие характера растительности от Шпицбергена до Австралии. Во-первых, это означает, что вся суша была тогда единой, во-вторых, весь карбон (кроме пермокарбона) по всей Земле держалась примерно одна температура.

Было много насекомых, они научились летать и приобрели гигантские размеры.

Карбоновый период стал подходить к концу. В общем, влажный карбоновый климат становился суше и прохладнее. Появились настоящие времена года.

В этот период ось Земли стала почти параллельной плоскости орбиты вращения Земли вокруг Солнца. Области у полюсов стали получать больше солнечной радиации, чем расположенные у экватора. В результате на расположенном близ экватора материке Гондвана наступило оледенение. Ледниковый щит, подобный нынешнему Антарктическому, но в несколько раз превосходящий его по площади, покрыл приэкваториальные области. «Бараньи лбы», шрамы на скалах, ледниковые долины и морены встречались в Индии, Африке.

Пермтриас называют странным временем после каменноугольного периода и нижнепермской эпохи – времен влажных, с исключительно

богатой растительностью (большинство угольных залежей сформировалось именно в этот период) – произошло осушение климата по всей Земле. Царит сухой довольно теплый климат. Это время первых настоящих пустынь, в которых практически некому было жить, кроме травянистых хвощей. Только появление в конце мела трав, млекопитающих, птиц заполнило эту экологическую нишу – огромные области с годовым уровнем осадков нынешних степей и лесостепей.

Сначала в пермотриасе произошел отрыв организмов от воды. Появились звероподобные растительноядные ящеры, зверозубы. Но вскоре животные начинают возвращаться в воду. Многие амфибии утратили легкие. Видимо, сухость воздуха возросла настолько, что влажная кожа амфибий не успела приспособиться к этим переменам. В этот период появились ихтиозавры.

Для пермотриаса были характерны многочисленные лагуны типа Кара-Богаз-Гола, только гораздо больших размеров. В них откладывались соли. Зато почти не было мелководных шельфовых морей, что может объяснять бедность этого периода мелководными морскими животными.

Пермотриас – одна из основных эпох вымирания, по мнению немецкого палеонтолога А. Мюллера. Вторая произошла в конце мела. В пермотриасе вымерло 27% родов всех живших в перми животных.

**6. Пятая атмосферная революция мезозоя.** Юрский период характеризуется тем, что именно в это время поплыли континенты. Согласно теории нового мобилизма движутся литосферные плиты, т.е. кора с верхним слоем мантии. Двигутся по вязкому пластичному слою – астеносфере. Плиты движутся в строгом соответствии с шарообразностью Земли. Плиты сталкиваются. И более тонкая океаническая кора уходит под материковую, образуя зоны субдукции. Потом баланс природного равновесия пришел в норму – вплоть до мелового периода. Сто миллионов лет тому назад на Земле произошла пятая атмосферная революция. Мел – новая эпоха отложения извести в мелководных шельфовых морях прошлого. В этот период известь отлагалась в условиях не избытка, как это было прежде, а недостатка углекислого газа. Мельчайшие представители растительного и животного царств обеднили углекислотой сначала океан, а затем, поскольку океан жадно поглощал углекислоту из атмосферы, и воздух. Может быть, уменьшение содержания углекислого газа в атмосфере способствовало меловому похолоданию. Но все имеющиеся данные категорически против этого предположения. Мел вместе с началом кайнозоя считается чуть ли не самым теплым периодом в истории Земли.

С меловым периодом навсегда ушли в прошлое ящеры-гиганты. В море вымерли ведущие группы беспозвоночных – аммониты, белемниты, многие губки. В меловом периоде во многих местах планеты теряют свое господствующее положение голосеменные растения. Очень быстро

появились и захватили огромные пространства широколиственные леса, травы – покрытосеменные растения с новоизобретенным цветком.

Мел – эпоха великого вымирания. На рубеже мела и третичного периода вымерло 35% родов всех живших в мелу животных. Причиной такого биотического кризиса явилось резкое сокращение содержания углекислого газа в воздухе. Это не могло ослабить растений, привыкших к определенной норме этого газа для процессов фотосинтеза, и не создать преимуществ для новичков – цветковых растений, которые зародились, вероятно, на миллионы лет раньше мела и скромно существовали где-то высоко в горах в условиях разреженного воздуха. А когда высокогорная норма углекислоты стала нормой для всей планеты, пробил их час и цветковые кустарники, травы и деревья сразу в большом числе готовых уже видов и родов появляются в палеоботанической летописи. Древние аралии, первые платаны и другие цветковые не всегда занимались прямой войной со своими предшественниками, но они первыми вырастали на пожарищах, на освободившихся от морей участках континентов.

Советский ученый Голенкин нашел своеобразное объяснение внезапному появлению цветковых растений в мелу. Свет! Парниковая атмосфера домеловой Земли была, по его мнению, вечно закрыта облаками (есть возражения). Когда в мелу упало содержание углекислого газа, пасмурное небо прояснилось. Климат стал континентальнее, перепада сезонных и суточных температур – больше. К температурным перепадам цветковые растения, пришедшие с гор, были привычны.

И, наконец, мел – это эпоха вымирания гигантских ящеров. Их гибель привязывают к изменению растительных ландшафтов. Нарушилась кормовая цепочка: голосеменные растения – растительоядные ящеры – хищные «завры». Но существует и другая точка зрения. Возможно, что ящеры были слишком совершенны для своего времени. Отсутствие конкуренции привело к деградации и вырождению их.

В мелу огромные пространства материков по несколько раз погружались под воду, становясь мелкими шельфовыми морями, кишевшими жизнью и быстро заполнявшимися ракушечно-водорослевым илом – сырьем для будущих меловых толщ. Именно наступление моря и лежит в основе меловой атмосферной революции.

В мелу было мало болот и мелких пресноводных озер, в которых идет первый этап угленакопления – образование торфа.

Мел заканчивает последнюю древнюю эру Земли – мезозой. Следующий за ним третичный период – уже в нашей эре, в кайнозой. В его лесах мы чувствовали бы себя, как дома: столько знакомых растений мы видели бы вокруг.

**7. Кайнозойский этап.** Конец древней жизни и начало новой для растений и животных не одновременны. Известный ландшафтовед

А.И. Перельман даже использует особое имя для эры современного ландшафта – кайнофит. Это эра покрытосеменных растений, и началась она в первой половине мелового периода, когда эра древних животных – рептилий – еще не кончилась, а процветала.

И все же подлинно современный лик Земля обрела именно в кайнозое. Зародившиеся в мелу покрытосеменные – травы захватили огромные пространства, до того, видимо, пустовавшие. Впервые появились на Земле совершенно необычные для прошлого, но типичные для настоящего географические зоны и ландшафты: настоящие саванны, прерии, степи, лесостепи, альпийские луга в горах.

С этого момента начинают свое летоисчисление современные почвы – черноземы в степях, бурые почвы широколиственных лесов. Это дало огромную кормовую базу для клещей, пауков, насекомых и микроорганизмов.

Вслед за летающей и ползающей мелочью сперва не слишком решительно, но потом все более уверенно на просторы новых ландшафтов выходили млекопитающие.

В кайнозое быстрыми темпами идет развитие птиц и млекопитающих. Но еще более активно развиваются насекомые как опылители, а главное, как самый обильный и калорийный корм. На суше насекомые исполняют роль планктона.

Еще в конце девонского периода первые членистоногие научились выживать в выброшенных на берег влажных водорослях. Их научились ловить здесь первые рыбы, осмелившиеся выбраться на сушу. Постепенно они стали все дальше охотиться на суше, и их плавательный пузырь начал превращаться в легочный аппарат.

Первые земноводные скоро разделились. Одни, достигнув внушительных размеров, остались в воде, питаясь рыбой и своими собратьями. Другие остались мелкими, а значит, могли довольствоваться прежним кормом. Они все дальше уходили от воды в погоне за насекомыми. Начало рептилиям положила та насекомоядная амфибия, которая в погоне за кормом смогла начать размножаться вне воды. Вместо икры появилось яйцо. Ящеры заполнили все стихии. Одни стали растительноядными, другие – хищниками, третьи – трупоядными. Но где-то в тени все время держалась и существовала группа ящеров, оставшихся верными прежней пищи. В чем-то она была примитивной: она сохраняла еще довольно влажную кожу, обильную всякими железами (у высоко развитых рептилий кожа сухая, без желез). Время от времени эта группа давала вспышки странных для своего времени форм, например, покрытых шерстью и, возможно, теплокровных зверозубов – териодонтов. Но они не имели будущего, так как оторвались от высококалорийной пищи предков и слишком выросли. И вот, наконец, появилось неприметное существо, способное выкармливать детенышей жирными выделениями

специальных желез на брюхе. И опять нашлись насекомоядные, которые не торопились специализироваться, превращаясь в хищников или травоядных. Они дали начало приматам.

И растения, и животные (в период эмбрионального развития) начинают свой жизненный путь с одной-единственной клетки, тем самым (и дальнейшими превращениями) повторяя долгую эволюцию живого от простейшего к сложному. Подавляющее большинство современных животных и растений – многоклеточные. Клетки в их организмах специализированы, т.е. одна по намеченному плану становится клеткой тычинки, глаза, другая – клеткой листа, слюнной железы. И растения, и животные способны к регенерации органов: клетки, делясь, начинают выращивать органы, ей как будто чуждые. Ящерица заново отращивает хвост, растение – листок. И животные, и растения строят свое тело по сходным законам симметрии. И животные, и растения предпочитают размножаться половым путем (хотя иной раз могут и вегетативным, почкованием).

Колоссальные масштабы изменений состояния суши и океана в периоды оледенений предопределяют сдвиги в системах атмосферной и океанической циркуляций, что сопровождается пространственными перемещениями природных зон. Реакция растений и животных при этом выражается в миграциях и активном образовании видов, что заметно даже у млекопитающих.

С развитием оледенений менялся газовый состав атмосферы. Регулятором состава, и в частности баланса кислорода и углекислого газа, выступала жизнь. Этот механизм в свою очередь также влиял на температурный режим земной поверхности.

Новейший этап развития покровных оледенений, охватывающий поздний кайнозой, совпал с существенными изменениями органического мира Земли, включая и эволюцию самого человека.

Надо заметить, что в позднекайнозойское время происходило не только образование крупных ледниковых покровов в полярных и умеренных широтах. Кроме того, формировались ледники и в горах даже в экваториальных районах Южной Америки, Центральной Африки и Новой Гвинеи. Вместе с тем на юге тропической зоны ощущался сильный дефицит влаги, что определило распространение пустынь с более аридными, чем в настоящее время, обстановками.

До ледниковой эпохи, в раннем кайнозое, климат земного шара, по всей вероятности, был теплее и суше современного, причем система природных зон отличалась меньшей дифференцированностью, а атмосферная циркуляция проявлялась менее интенсивно. На обширных территориях преобладали саванны и леса, а средние температуры были порядка 22<sup>0</sup>С. Хотя и тогда существовали заметные контрасты между полярными и тропическими широтами, но даже в Антарктиде ледников еще не было.

Границей неогенового четвертичного периодов принимают рубеж 1,8–1,7 млн лет назад. Именно в отложениях этого возраста в Средиземном море обнаружены представители холодноводной морской фауны.

В южном полушарии оледенение имеет еще более древний возраст. Крупным очагом оледенения была Антарктида, которая постепенно утратила сухопутные связи с другими частями Гондваны и заняла околополюсное положение еще в начале кайнозоя. Формирования пролива между Антарктидой и Южной Америкой произошло в конце мелового периода, а связь с Австралией прервалась только в середине кайнозоя, около 35 млн лет назад. Последующее формирование циркумантарктической системы морских течений способствовало термической изоляции Антарктиды, вокруг которой образовался пояс холодных придонных вод. Все это наряду с соответствующей перестройкой циркуляции атмосферы создало необходимые предпосылки для активизации ледниковых процессов на антарктической суше. В первой половине кайнозоя (эоцене) очаги оледенения существовали там только в горах. На равнинах и плато Южного континента средние температуры тогда достигали 20–22<sup>0</sup>С.

Только во второй половине кайнозоя (миоцене) произошло резкое похолодание, способствовавшее формированию очагов покровного оледенения. Постепенно сливаясь между собой, эти очаги объединились в единый ледниковый покров. Немногим более 5 млн лет назад, антарктическое оледенение достигло максимального развития, что обусловило необратимые изменения флоры и фауны этого континента.

В начале плиоцена произошла окончательная изоляция Атлантического океана от Тихого океана с поднятием Панамской глыбы. К этому времени относится образование Гольфстрима и начало развития оледенения в северном полушарии.

А что же органический мир? Как он адаптировался к новым условиям?

Существует *концепция ледниковых убежищ* (или рефугиумов), согласно которой высшие растения и животные могли обитать на небольших участках, свободных ото льда, высоко в горах. Помимо убежищ в горных странах, несомненно, существовали убежища и на сопредельных равнинах и в предгорьях. Во время деградации оледенения и в последледниковое время из этих очагов происходило длительное расселение растений и животных.

Одним из важных критериев для проведения нижней границы четвертичного периода служит появление в Европе таких современных форм млекопитающих, как однопалые лошади, примитивные быки, настоящие слоны, верблюды и др.

В целом, в доледниковое время общее число видов наземных холодолюбивых млекопитающих было сравнительно невелико, но впоследствии похолодание климата способствовало выработке соответствующих адаптаций у животных.

Определенный интерес представляют данные о *морфологических изменениях* животных в плейстоцене. Например, при анализе размеров костей сибирских мамонтов выяснилось, что наиболее крупные особи существовали 40–30 тыс. лет назад, когда на севере Сибири обильно произрастали травы и кустарники, служившие пищей для многочисленных стад мамонтов. Во время более теплого предыдущего и более холодного последующего интервалов размеры тела животного несколько уменьшились, что, вероятно, отражало менее благоприятные экологические условия для жизни мамонтов.

И еще одна проблема – это *проблема вымирания организмов* во время материковых оледенений. Оледенение не только приводило к непосредственной гибели растений и животных, но и создавало неблагоприятные условия для их существования: перенаселенность отдельных местообитаний, обезлесение, новые отношения к разным врагам и конкурентам, нарушения в ритме репродукции и т.д. В поисках лучших условий многие животные покидали прежние местообитания, и в процессе этих миграций значительная часть популяций погибала.

Существуют разные точки зрения на причины гибели крупных животных в ледниковую эпоху. Одни ученые полагают, что причиной было само оледенение. Другие видели ее в деятельности человека.

В конце плейстоцена на земном шаре произошло колоссальное по своим масштабам исчезновение крупных млекопитающих. По подсчетам американского ученого П. Мартина, в это время погибло не менее 200 родов, причем главным образом крупных млекопитающих, в том числе: мамонт, волосатый носорог, овцебык, большерогий олень, пещерный медведь, пещерный лев, пещерная гиена.

Впоследствии сокращение состава фауны крупных млекопитающих частично восполнилось за счет увеличения биомассы мелких млекопитающих и насекомых, однако общий баланс экосистем был существенно нарушен и, несмотря на возросшее поголовье домашнего скота, не восстановился.

Несмотря на крупные масштабные миграции растительных зон и поясов, позднеплейстоценовое вымирание фактически не затронуло флору.

И, наконец, еще одна причина, по которой четвертичный период вызывает повышенный интерес, это появление и быстрая эволюция человека от австралопитека до кроманьонца и современного человека.

#### **Тема 14. Концепция экологических кризисов**

Прежде чем приступить к характеристике кризисных явлений, нам нужно подвести, так сказать, идеологическую базу для предметного их восприятия. Для этого необходимо вспомнить и правильно определить понятие «*экосистема*», потому что именно определенная реакция экосистем на воздействие извне может явиться свидетельством свершившегося экологического кризиса.

Итак, под *экосистемой* мы будем понимать единство биотопа и биоценоза, т.е. использовать ту самую трактовку, которая была предложена лимнологом Вольтереком и обоснована А. Тенсли в 1935 году. Понятно, что такое единство определяет тесную взаимосвязь и взаимозависимость живых организмов друг с другом и окружающей средой в пределах той или иной экосистемы. Это взаимодействие носит как экологический, так и энергетический характер, тем самым формируя единую, целостную систему, способную к саморегуляции. Именно способность к саморегуляции и биологический круговорот вещества и энергии в экосистемах придают им некую степень замкнутости. Но не только это является одной из основных характеристик экосистем. Еще одна особенность – это способность экосистем противостоять воздействию экстремальных факторов среды обитания, которая называется *устойчивостью экосистем*. Если экосистема после воздействия на нее какого-либо фактора возвращается в свое первоначальное состояние, то можно говорить, что она является устойчивой. В термодинамическом и информационном аспектах живые системы всегда открыты, так как их важной информационной составляющей является среда на выходе и среда на входе. Именно из окружающей среды в систему поступает энергия и вещество, и в окружающую среду вещество и энергия, выработанные в экосистеме, возвращаются обратно. Под средой мы подразумеваем совокупность живой и неживой природы, окружающую данную экосистему.

Но если экосистема не находит возможности вернуться в свое первоначальное состояние, это говорит об экологическом кризисе данной экосистемы. Под *экологическим кризисом* в широком смысле слова понимается значительное региональное или локальное нарушение условий среды, которое приводит к полному или частичному нарушению местных экологических систем. Катастрофические природные явления представляют собой факторы среды, которые в конечном результате своего воздействия приводят к экологическим кризисам экосистем.

**1. Понятие «катастрофа».** Катастрофа (от греч. *katastrophe* – переворот, гибель) – это внезапное событие, быстротекущий процесс, влекущий тяжелые последствия, разрушения, жертвы. Причиной таких изменений могут служить как внешнее воздействие на систему, так и разрядка ее внутренних напряжений, превысивших прочность структуры.

Подобные процессы, приводящие к резкому преобразованию большего или меньшего количества компонентов природного комплекса, происходили и происходят в истории Земли постоянно. Свидетельствами этих процессов могут служить громадные массивы вулканогенных горных пород, излившихся из жерл древних вулканов; разломы земной коры, уходящие на многие километры во чрево нашей планеты, метеоритные кратеры как примеры воздействия космических факторов и т.д. Причем, по-видимому, в силу постепенного замедления процессов

внутреннего преобразования планеты – релаксации, в далеком прошлом катастрофы происходили гораздо чаще и были значительнее по своим масштабам.

Таким образом, катастрофы представляют собой закономерные этапы формирования системы, способствующие ее прогрессивному развитию. Этот академический взгляд на катастрофы позволяет признать их естественность и неизбежность.

**2. Классификация экологических кризисов.** По своему происхождению экологические кризисы делятся на:

1) эндогенные, связанные с внутренней энергией Земли. К ним относятся землетрясения, цунами, извержения вулканов;

2) экзогенные, т.е. обусловленные, главным образом, солнечной энергией и силой тяжести. Это наводнения, штормы, оползни, засухи, ураганы и т.д.;

3) в отдельную группу сейчас выделяют антропогенные катастрофы, которые возникают в результате деятельности человека. Они вызваны человеком, но силы, приведшие к ним, являются или эндогенными, или экзогенными.

Экологические кризисы подразделяются по времени своего протекания. Бывают:

1) резкие, кратковременные стихийные бедствия. Все те же землетрясения, извержения вулканов, лавины и т.д.;

2) стихийные бедствия, возникающие в результате протяженного во времени накопления результата воздействия какого-либо негативного явления. Это, прежде всего, техногенное воздействие на окружающую среду, связанное с загрязнением атмосферы, гидросферы, литосферы и т.д., к этому типу кризисов можно отнести рост численности населения нашей планеты. Относительно длительный по времени этот процесс уже вызывает негативное разноплановое воздействие на нашу планету, которое ведет к глобальному экологическому кризису. Если в начале 20 века численность населения составляла 1,5 млрд человек, то сейчас она насчитывает 6 млрд. Такое количество населения надо накормить, обогреть, удовлетворить массу бытовых и моральных потребностей, а в результате усиливается давление на окружающую среду через добычу полезных ископаемых, распашку земных угодий и т.д.

3) протяженные во времени стихийные бедствия, когда поражение является длительным, постепенно затухающим последствием чрезвычайной ситуации, катастрофы, например, взрыва на атомной электростанции. Масштаб таких поражений объективно может быть не меньше катастрофических воздействий.

Протяженные во времени экологические поражения обычно являются последствием катастрофических (стихийных или антропогенных) нарушений среды, имеют затухающий характер и сопровождаются сукцессиями.

Между некоторыми природными и антропогенными экологическими катастрофами нет четких границ. Невозможно, например, установить истинную причину лесного пожара, оползни или наводнения приводят к разрушению зданий, техническим авариям и т.д.

Кризисные явления могут также классифицироваться по площади, охваченной воздействием подобным явлением. Соответственно экологические кризисы бывают: *локальные*, затрагивающие лишь отдельные участки крупных экосистем; *региональные*, охватывающие отдельные регионы, например Европу; и, наконец, *глобальные*, которые касаются нашей планеты, всего живого и неживого на ней.

Точно определить, к какому классу или типу относится тот или иной экологический кризис, довольно сложно, потому что это многофакторное и многопричинное явление.

Говоря об экологических кризисах как катастрофических явлениях, можно выделить особые типы катастроф, на краткой характеристике которых хотелось бы остановиться отдельно.

**3. Антропогенные кризисы.** К катастрофам можно отнести *войны*. Это воздействие и на ландшафт районов, где происходят военные действия, и на биологические объекты, в том числе и людей, проживающих на данной территории. И если в период первой и второй мировых войн это воздействие носило региональный характер, то в настоящее время, когда многие страны имеют на вооружении атомное оружие, эти войны, несомненно, станут глобальными и даже, возможно, коснутся всей Галактики в целом.

Катастрофами являются *болезни, эпидемии*, конечно, эти катастрофы касаются только человека, но мы неоднократно говорили о том, что человек – это биологический вид, который появился на нашей планете явно неслучайно. И есть такие точки зрения, что, так скажем, в «программу эволюции» планета Земля это появление было заложено, как и то воздействие человека на окружающую природу, которое он оказывает. Поэтому болезни, поражающие человека и приводящие к его гибели, особенно, если они принимают характер эпидемий, можно считать катастрофами, затрагивающими один из элементов природных систем. Раньше страшными заболеваниями были тиф, чума, которые регулярно поражали население многих районов Европы, Азии. Сейчас – это СПИД. И говоря об этом заболевании, мы опасаемся не за отдельные регионы, а за все человечество, таким образом, речь уже идет о глобальной катастрофе. Огромную озабоченность человечества вызывает количество наследственных заболеваний, которые, благодаря развитию здравоохранения, просто процветают в настоящее время. Если раньше больные подобными заболеваниями просто умирали, и как это не кошмарно звучит в отношении человека, даже в человеческом обществе существовал естественный отбор, то сейчас людям с такими заболеваниями современная медицина оставляет жизнь. Таким образом, эти

заболевания передаются из поколения в поколение. И если учесть, что обновления нашего генофонда за счет вливания извне не происходит, то проблема его ухудшения с каждым поколением будет стоять все острее. Подобное замечание касается и хронических заболеваний, которые тоже в настоящее время очень активно поражают человечество.

#### **4. Характеристика и последствия экологических кризисов**

**Землетрясения** представляют собой одну из форм проявления современной жизни Земли. Мощные подземные толчки и колебания земной коры приводят порой к заметным изменениям рельефа и нередко влекут за собой катастрофические последствия. Землетрясения – очевидный показатель мощи и активности внутренних сил Земли. Они связаны с процессами развития мантии и земной коры, с формированием тектонических нарушений, с образованием горных цепей. Они – свидетельства непрерывного накопления потенциальной упругой энергии в толще Земли, энергии, которая высвобождается в форме землетрясений различной мощности каждый год.

Под **землетрясением** понимаются всякие колебания земной коры и подземные удары, вызванные естественными причинами.

Землетрясения продолжаются обычно несколько секунд и выражаются в подземных толчках большей или меньшей силы или в волнообразных колебаниях земной поверхности.

Для определения силы землетрясений были предложены различные **шкалы**. Наибольшее распространение получила 12-балльная шкала, еще используют 10-балльную шкалу Рихтера.

В сейсмических районах землетрясения происходят часто. За год на всем земном шаре регистрируется несколько сот тысяч землетрясений. Наибольшей частотой отличаются слабые землетрясения; реже возникают сильные.

Какой-либо правильной периодичности в появлении землетрясений нет, но в целом сейсмический режим на протяжении веков и тысячелетий почти не меняется. Освобождение энергии в форме землетрясений сохраняет почти постоянный ритм.

Землетрясения распределены по земному шару неравномерно. В некоторых местах они происходят часто и достигают большой силы. В других происходят редко и проявляются слабо.

Места на поверхности Земли, к которым приурочены частые и сильные землетрясения, называются сейсмическими областями. К ним относятся горные системы Тихоокеанского и Средиземноморского поясов. Средиземноморский пояс протягивается от Гибралтара на восток до Тихого океана. Тихоокеанский пояс на западе захватывает Камчатку, Алеутские, Курильские острова, Японию, Филиппины, Новую Зеландию, а на востоке – Кордильеры, Анды и заканчивается в Антарктиде. В стороне лежат Тянь-Шань, горные сооружения Монголии и Китая, Прибайкалья, область Великих озер в Африке.

**Цунами.** С землетрясениями теснейшим образом связано такое катастрофическое явление, как цунами. Этот японский термин, в переводе на русский язык «волны в гавани», закрепился за этими разрушительными морскими волнами с середины 20 века. Основной причиной, вызывающей цунами, являются смещения земной коры на дне океанов. Эти смещения являются импульсом для сдвига упругой водной среды. Сдвиг распространяется со скоростью почти 200 м/с. На больших глубинах высота волны невелика (до 5,3 м). При вступлении на мелководье нижние слои водной толщи начинают тормозиться, а верхние, приобретая дополнительную скорость, продолжают движение, в результате волна начинает расти вверх, и при глубине 20 м высота цунами достигает 20-метровой высоты.

Приурочены цунами к основным сейсмическим областям, расположенным вблизи океанов, но все же цунами – явление, свойственное, прежде всего, Тихому океану. На его долю приходится более 80% цунами.

Надо отметить, что не все землетрясения вызывают цунами, а лишь те, которые вызывают смещение пластов горных пород. При этом, чем больше будет такое смещение, тем более разрушительной силой будет обладать образовавшаяся волна.

Цунами, вырвавшись на мелководье, производит огромную разрушительную работу по преобразованию не только прибрежных мелководных систем, но и береговых экосистем также. Полностью нарушается травянистый покров, выкорчевываются деревья, смывается почва, изменяются мелкие формы рельефа.

**Вулканизм.** Вулканические явления принадлежат к величественным и в то же время грозным, катастрофически быстрым процессам. Неудивительно поэтому, что на заре своей истории человек обожествлял огнедышащие горы или населял их богами, поклонялся им, создавал о них мифы и легенды. Само название вулкана было дано в честь Vulcanus – бога огня и кузнечного дела в римской мифологии.

На земном шаре существуют два уже известных вам складчатых пояса – Средиземноморский (Тетис) и Тихоокеанский пояса, в пределах которых проявляются три главных признака деятельности внутренних сил планеты – большие разломы, вулканизм и землетрясения. В некоторой мере сходные признаки характеризуют срединные подводные хребты в океанах.

Вулкан представляет собой отдельные возвышенности, которые состоят из магматического очага, жерла, кратера и продуктов извержения мощных накоплений лав и вулкано-обломочных пород, формирующих конус вулкана.

Различают континентальные, подводные и островные вулканы. Всего в настоящее время насчитывается немногим больше 500 континентальных и островных действующих вулканов. Большое количество

действующих и потухших вулканов размещено на дне океанов, особенно Тихого океана.

Вулканы являются природными поставщиками углекислого газа, а также других газов в атмосферу. Во время извержения вулкан выбрасывает в воздух огромное количество мелких твердых частиц (вулканический пепел), который разносится на огромные расстояния от места извержения и вызывает обильные осадки, таяние снега, что, в свою очередь, может явиться причиной других катастрофических явлений – схода снежных лавин, селей, оползней и т.д.

Более крупные частицы оседают вблизи вулкана, засыпая мощным слоем (до нескольких метров) прилегающие территории. С одной стороны, этот пепел является очень хорошим удобрением, и именно поэтому человек, несмотря на такое далеко не лучшее соседство, издавна селился вблизи вулканов. С другой стороны, засыпается растительный покров и даже кустарники.

Из кратера вулкана вытекает огромное количество жидких продуктов извержения – лавы, которая сжигает на своем пути следования все живое. Таким образом, вулкан оказывает огромное влияние на изменение экосистем на десятки и даже сотни километров вокруг.

К природным катастрофическим явлениям относятся: сели, ураганы, вызванные тропическими циклонами, смерчи, снежные лавины и т.д.

Остановимся также и на катастрофах, вызвавших экологические кризисы разного масштаба, связанных с человеческой деятельностью.

Наибольшую экологическую опасность представляют **техногенные катастрофы**, которые сопровождаются выбросами вредных химических и радиоактивных материалов в окружающую среду.

Крупнейшая радиационная катастрофа в Чернобыле, но еще больший выброс произошел в 1957 г. при аварии в г. Челябинске – 65 (ныне ПО «Маяк»). В результате произошло радиационное загрязнение большой территории Урала и Зауралья, последствия которого сказываются до сих пор.

Самая крупная химическая авария – 1984 г. в индийском г. Бхопале. В результате взрыва на предприятии американской компании произошел выброс в атмосферу нескольких десятков тонн метилизоцианата – сильного яда многостороннего действия. Эта авария унесла более 2 тыс. человеческих жизней, пострадало не менее 1/4 населения 750-тысячного города.

Это примеры резких, катастрофических кризисных явлений.

Теперь примеры *протяженных во времени* экологически значимых явлений.

Накопление *углекислого газа* (двуокиси углерода) в атмосфере в результате сжигания топлива и производства цемента. Сам газ не ядовит (он необходим для дыхания), применяется в быту (газированная вода, сухой лед), но он может влиять на климат, вызывая парниковый эффект.

*Угарный газ* (окись углерода) образуется в результате сжигания топлива. Ядовит, не имеет цвета и запаха. Он жадно поглощается гемоглобином крови и вместо кислорода переносится от легких к различным тканям, что ведет к кислородному голоданию и гибели организма.

*Сернистый газ*. Поступает в атмосферу в результате вулканической деятельности, сжигания топлива, производства цветных металлов. В результате загрязнения атмосферы этим газом образуются кислые дожди, которые вредны и для человека, и для сооружений, а также растительного покрова.

*Аэрозоли* образуются в результате конденсирования воды на мелких частицах твердого вещества, поступающего в атмосферу. Они затуманивают атмосферу, образуют облака, туман (смог).

Накапливаются также тяжелые металлы, радиоактивные элементы и т.д.

Загрязняется не только атмосфера, но и почва, вода.

Для удобрения почвы используется масса минеральных удобрений. Для борьбы с сорняками, вредными насекомыми используются различные химические препараты.

Вода относится к возобновимым ресурсам, вместе с тем она возвращается в природу далеко не лучшего качества, да и не в полном объеме. Для производства 1 т мыла необходимо около 2 т воды, 1 т стали – 250 т.

Вода подвергается биологическому, химическому и тепловому загрязнению.

**Экологические катастрофы, связанные с хозяйственной деятельностью человека.** Азовское море было одним из самых богатых в мире по рыбопродуктивности. В результате строительства водохранилища на р. Дон и забора воды на орошение из р. Кубань произошло нарушение естественного режима.

Арал и Приаралье. Давало до 35 тыс. т рыбы в год. К концу 80-х в результате забора воды на орошение из рек Сырдарья и Амударья объем озера сократился на 2/3, а уровень воды упал на 14 м.

Существует особый тип катастроф – милитаригенные экологические катастрофы. В результате войны между Ираком и Кувейтом возникли обширные пожары на нефтеперерабатывающих предприятиях, изменившие среду обитания для многих популяций.

## **Тема 15. Концепция экологии человека и антропогенез.**

### **Экоразвитие**

**1. Человек как биосоциальный вид.** До сих пор мы больше говорили об экологии как науке, занимающейся изучением взаимоотношений живых организмов со средой их обитания. Тем самым затрагивали те проблемы, которые касаются чисто биологической сути этой дисциплины. Вместе с тем мы неоднократно обращали внимание и на то, что

на современную среду обитания все большее влияние оказывает человек, расширяя тем самым проблематику науки экологии, внося в нее социальный элемент взаимоотношений.

Рассмотренные нами общие экологические закономерности определяют взаимоотношения с окружающим миром всех живых существ на Земле, в том числе и человека.

Человек – один из 3 млн известных сейчас биологических видов на Земле. Определено его место в системе животного царства: класс млекопитающих, отряд приматов, семейство гоминид, род – человек (*Homo*), в котором до нашего времени дожил только один вид – человек разумный (*Homo sapiens*).

С экологических позиций человечество представляет собой общемировую популяцию биологического вида, составную часть экосистемы Земли. Но очевидно, что вид этот особый, существенно отличный от всех других обитателей планеты.

Биологическая природа человека проявляется в присущем всему живому стремлении сохранить свою жизнь и продолжить ее во времени и пространстве через размножение, обеспечить максимум безопасности и комфорта. Эти естественные устремления достигаются через постоянные взаимодействия человечества со средой обитания. Все люди потребляют пищу и выделяют продукты физиологического обмена, защищаются от врагов и избегают других опасностей, участвуют в конкуренции за жизненные ресурсы и содействуют полезным для себя видам. Иными словами, человечеству свойствен весь спектр экологических связей. В этом заключается основное экологическое сходство человечества с популяциями всех других биологических видов.

**2. Особенности популяций человека.** Экологические отличия человечества от популяций иных видов проявляются на уровне развития многих экологических связей и в особенностях форм их реализации. Суммарно эти различия наиболее отчетливо выражены в силе и масштабах влияния человечества на окружающую среду. Как популяция любого вида человечество оказывает определенное воздействие на среду, в свою очередь, испытывая ответное ее сопротивление. Но давление человечества несоизмеримо по своей мощи и скорости ее нарастания с влиянием на окружающую среду других видов. По своим масштабам оно существенно превосходит сопротивление среды, подавляет его на значительной части планеты. В отчетливом дисбалансе сил давления человечества на среду и ответного ее сопротивления заключается одна из самых существенных экологических особенностей человека.

Еще одно принципиальное отличие человека от всех других видов животных заключается в том, что современные люди не могут существовать без обмена результатами своей деятельности с себе подобными. Они уже не могут жить вне созданной ими искусственной среды обита-

ния, без использования обобщенного опыта, накопленного предшествующими поколениями, без огромного множества прямых и особенно опосредованных социальных связей. Иными словами, человек не способен длительное время поддерживать свое существование вне духовной и материальной культуры, вне цивилизации, вне социума – человеческого общества.

Экологическое сходство человека с другими видами объясняется его биологическим происхождением, принадлежностью к миру живой природы, где действуют биологические законы.

А экологические его отличия определяются принадлежностью также и к человеческому обществу, где действуют законы общественные, т.е. социальные. Эта двойственность присуща только человеку, который представляет собой единственный на нашей планете биосоциальный вид.

**3. Динамика и энергетика популяций человека.** Человек как биологический вид имеет пищевые и информационные связи в экосистемах. Они очень динамичны и претерпели серьезные изменения в ходе эволюции человека. Как и в глубокой древности, современному человеку для поддержания жизнедеятельности требуется физиологическая норма – примерно 2500 ккал в сутки. В этом его биологическая сущность за многие тысячелетия не изменилась. Естественно, что древние предки человека – собиратели и охотники – на добывание пищи не могли тратить больше энергии, чем получали, поедая добычу. Пищевые (трофические) связи были простыми и непосредственными: потратил свою мускульную энергию на добывание пищи, съел добытое и восстановил свои энергозатраты. Но обязательно с превышением, чтобы осталось на процессы жизнедеятельности и согревание организма. Кроме того, добычи должно было хватить более слабым членам племени, не участвующим в охоте: детям, женщинам и старикам.

В производстве современной пищи человек имеет возможность вкладывать мощные дополнительные энергоресурсы: топливо для машинной обработки почвы, транспортировки и переработки сельскохозяйственной продукции, энергию для производства удобрений. Эти энергетические вложения многократно превосходят мускульную силу человека. Благодаря этому многократно повысилась продуктивность обрабатываемых земель. Значит, с территории, где в древности мог прокормиться всего один собиратель съестного, сейчас возможно собрать урожай, достаточный для многих тысяч человек. Пищевые связи значительно изменились, стали сложными, в них включилось множество энергопотребляющих посредников. При сохранившейся с древности физиологической норме в 2500 ккал современному человеку требуется на ее производство уже 25 000 ккал. Но получать ее можно с площади в тысячи раз меньшей, чем в доисторические времена.

Таким образом, главная особенность пищевых связей современного человека – их усложнение, удлинение и примерно десятикратное воз-

растание энергетической цены производства каждой калории конечной пищевой продукции при тысячекратном уменьшении необходимой для этого площади. В результате общая экологическая емкость среды обитания человечества возросла во много тысяч раз.

**4. Информационные связи.** Все живые существа способны обмениваться информацией с себе подобными для согласования своих действий и ответных реакций на проявление факторов среды. При этом, во-первых, используемые ими сигналы, как правило, просты и конкретны: предупреждение об опасности, сообщение о пище, обращение к половому партнеру или потомству и т.п. Во-вторых, дистанция их действия ограничена: от непосредственного физического контакта до сотен метров или нескольких километров. В-третьих, информативные сигналы фиксируются крайне редко и в простейшей форме («здесь был я» – через пахучие метки). Накопление такой информации, ее прямая передача и непосредственное использование вторыми и последующими поколениями невозможны.

У подавляющего большинства видов информационные связи обеспечивают согласованные действия только относительно небольшого числа особей – единиц, десятков, редко сотен. Исключение составляют общественные насекомые: осы, пчелы, муравьи и др.

Уровень развития информационных связей в человеческом обществе качественно иной. Во-первых, человек создал систему сложных сигналов – слов и фраз, в которых кодируется любая информация. Во-вторых, человек изобрел технические средства, благодаря которым дальность действия информационных сигналов в пределах Земли стала практически безграничной, а скорость передачи практически мгновенной. В-третьих, человек научился фиксировать информацию (рисунки, письменность, магнитная и электронная память), накапливать ее (книги, архивы, фоно- и видеотеки, информационные банки) и передавать в пользование всем последующим поколениям.

Очевидно, что такой уровень развития информационных связей обеспечивает согласованные общественные действия большого числа людей, в том числе неродственных друг другу. Это производственные, образовательные, военные и иные коллективы, жители городов и поселков, население государств.

Еще одна особенность человека. Подавляющее большинство видов животных воздействует на среду только через свои индивидуальные качества (сила, скорость, маневренность) с использованием «личного оружия»: зубы, клюв, когти и т.д.

Человек свое личное природное «оружие» – руку – удлинил и усилил с помощью разнообразных орудий охоты и труда.

И, наконец, все виды на Земле приспособляются – адаптируются к среде обитания, к меняющимся условиям жизни. Они черпают энергию для поддержания жизни в пище, иногда за счет согревания под лучами солнца.

Соответственно производимая ими работа осуществляется за счет их естественной мощности – мускульной силы. Производимая животными работа может быть направлена на некоторое преобразование среды обитания: постройку гнезд, выкапывание нор, сооружение плотин. Поэтому средообразующая деятельность животных незначительна и ограничена лишь местными участками. И только человек с помощью освоенных им энергоресурсов (древесины, угля, нефти, газа, атомной энергии) приспособливает (адаптирует) среду своего обитания к своим потребностям, коренным образом и в краткие сроки преобразует природу Земли.

**5. Антропогенез** – исторический процесс возникновения и развития человека. Самые древние предки человека – гоминиды, или пралюди, – возникли 5–8 млн лет назад. Это произошло на юге (вероятно, в Восточной Африке). Поэтому первые из известных ныне гоминид получили название австралопитеки (от лат. *australis* – южный). Среди них 2–3 млн лет назад выделился род – человек (*Homo*). Его первые представители – древнейшие люди, в том числе человек умелый (*Homo habilis*) и человек прямоходящий (*Homo erectus*), к которому относят питекантропов и синантропов (300 тыс. – 2 млн лет назад). Им на смену пришли древние люди – неандертальцы (*Homo neandertaliensis*), исчезнувшие относительно недавно – примерно 40 тыс. лет назад. В это же время (40–50 тыс. лет назад) появились кроманьонцы – прямые предки современных людей, вместе с которыми они составляют единый вид – человек разумный (*Homo sapiens*).

До появления первых людей поздние пралюди (австралопитеки) около 3 млн лет назад приобрели экологически важные навыки – стали использовать камни, кости и палки в качестве примитивных орудий. Принципиально новый шаг совершили первые люди около 2 млн лет назад, когда они научились специально изготавливать простейшие орудия труда и охоты из камня, кости и дерева. Эти самые первые на земле мастера-умельцы получили имя – человек умелый.

Пришедшие им на смену неандертальцы еще более искусно изготавливали самые разнообразные орудия труда и охоты. Эти приобретения изменили прежнее относительное равновесие в сложившихся трофических и конкурентных связях гоминид. В выигрыше оказались «вооруженные» потребители и конкуренты. Первые орудия использовались и для разделки туш убитых животных. Появилась возможность качественно улучшить рацион за счет животного белка и, что особенно важно, обеспечить пищей одновременно несколько семей. Места разделки убитых животных и дележа добычи становятся своеобразными центрами формирования групп потребителей мяса, что привносило элементы социальной организации в их поведение. Благодаря эффективности охоты у первобытных людей появилось свободное время для общения друг с другом.

Следующим экологически важным достижением древнейших людей стало умение поддерживать огонь. Примерно полмиллиона лет на-

зад или даже раньше синантропы уже регулярно пользовались огнем. Впервые в истории развития жизни на Земле появился постоянный источник дополнительной энергии. Обогреваемые костром жилища становились более притягательными для жизни и общения, способствовали обмену информацией, служили укреплению социальных связей.

На время 50 тыс. лет назад приходится появление кроманьонцев и современных людей. На этом этапе эволюции человека возникла новая форма внутрипопуляционных коммуникативных связей – членораздельная речь и сопутствующее ей образное, абстрактное мышление. Время появления речи установить невозможно, однако общепризнанно, что 30–40 тыс. лет назад она была хорошо развита у кроманьонцев. Главное преимущество речи заключалось в ее информационной емкости. Члены племени обменивались опытом своей индивидуальной деятельности, планировали предстоящие совместные действия, обсуждали их результаты, обучали навыкам своих детей.

Положительную роль сыграло развитие такого качества, как альтруизм, т.е. бескорыстная забота о других людях. Физически немощные, но умудренные опытом старики создавали и передавали потомкам «банки устной информации», накопленные ими знания и навыки, что способствовало формированию простейшей системы образования.

Все это обеспечивало согласованные действия, повышало эффективность трофических связей, а следовательно, и выживаемость людей.

Рисунки, созданные кроманьонцами 15–35 тыс. лет назад, можно считать началом эпохи фиксации информации.

Человеческая речь, накопление устной и фиксированной в наскальных рисунках информации, повышающей эффективность согласованных действий, привели к возникновению социальной наследственности и культуры.

Решающим событием в развитии человечества на пути обретения все большей независимости от среды стало возникновение сельского хозяйства 10–12 тыс. лет назад. Возникло земледелие, которое привело к оседлости. Появились постоянные поселения. Качественно изменились пищевые связи людей, которые перешли от свойственных всем животным форм овладения пищей к ее производству. Такой скачок иногда рассматривается, как социально-экологическая революция. Появилась возможность повышать урожайность сельскохозяйственных культур за счет дополнительной энергии: сначала только мускульной силы (своей и домашних животных), а впоследствии – через работу машин, ирригационных систем, применение химических удобрений и т.д.

Развитие человечества ускорялось. Ширились межпопуляционные связи за счет формирования регулярных транспортных потоков, ускорился обмен представителями разных континентов, регионов, территорий. Одно из биологических следствий нарастающего генного обмена заключается в невозможности в будущем обособленной эволюции от-

дельных рас, что в принципе исключает появление на Земле разных систематических категорий человека.

Мощным стимулом накопления информации стала письменность, что привело к ускоренному развитию культуры.

Освоение всех форм ископаемого топлива и высвобождение законсервированной в нем солнечной энергии через работу различных машин и механизмов приобрели особый размах в последние 200–300 лет. Процесс этот, именуемый промышленной революцией, вызвал невиданное ранее давление человека на природу Земли.

Таким образом, уже само появление человека на Земле предопределило неизбежность возникновения нового состояния биосферы – переход ее в ноосферу (от греч. *noesis* - мышление, разум), оболочку разума, охваченную целенаправленной деятельностью человека.

**6. Экоцентризм и антропоцентризм.** Уже в конце прошлого века В.И. Вернадский, оценивая масштабы технической деятельности человека по извлечению из недр Земли различных минералов и руд, по их переработке, получению новых химических соединений, пришел к выводу, что масштабы этой деятельности стремительно возрастают и уже не сравнимых с масштабами природно-геологических явлений. Он пришел к выводу, что биосфера по массе живого вещества, его энергии и степени организованности в геологической истории Земли все время эволюционировала, изменялась, что влияние деятельности явилось естественным этапом этой эволюции, и что под этим влиянием биосфера неизбежно должна измениться.

Таким образом, появление человека и его научной мысли – естественный этап эволюции биосферы. В результате человеческой деятельности она должна перейти в новое состояние, которое Вернадский назвал ноосферой – сферой, формирующейся под воздействием человеческого разума.

Человек настолько активно воздействует на окружающую среду, что в последние десятилетия все чаще стали говорить об угрозе глобального экологического кризиса. Экология как наука не осталась в стороне от этих процессов. Произошло быстрое расширение научной проблематики экологии. Она стала вторгаться в смежные с биологией дисциплины, в науки о Земле, физику, химию, в различные инженерные отрасли и даже в экономику, политику, этику, социологию. Экология становится гипернаукой. Этот процесс проникновения идей и проблем экологии в другие области знания получил название экологизации.

Экология превратилась из частного раздела биологии, знакомого узкому кругу специалистов, в обширный и еще окончательно не сформировавшийся комплекс фундаментальных и прикладных дисциплин, который Н.Ф. Реймерс (1992) назвал мегаэкологией.

Основные разделы мегаэкологии: общая экология, биоэкология, геоэкология, экология человека, социальная экология, прикладная экология.

**7. Экоразвитие.** Два основных противоборствующих направления существуют в современной мегаэкологии: антропоцентризм – когда человечество рассматривается как сила, способная управлять и изменять природу, и эоцентризм – когда человечество рассматривается как важнейший элемент ноосферы, который должен находиться в гомеостатических связях с остальными живыми и неживыми элементами. Первое направление так или иначе связано с прессинговым взаимоотношением человека и природы, когда воля человека превышает природных связей, второе – связано с гармоничным развитием человечества и его производительных сил с природой.

## **Тема 16. Биосфера, экосфера, ноосфера**

**1. Биосфера** – это совокупность частей земных оболочек (литосферы, гидросферы и атмосферы), которая заселена живыми организмами, находится под их воздействием, занята продуктами их жизнедеятельности.

Биосфера – глобальная экосистема. Она не образует сплошного слоя с четкими границами, а как бы «пропитывает» другие геосферы планеты.

Состав биосферы (согласно В.И. Вернадскому):

- живое вещество – биомассы современных живых организмов;
- биогенное вещество – все формы детрита, а также торфа, угля, нефти и газа биогенного происхождения;
- биокосное вещество – смесь биогенных веществ с минеральными породами небиегенного происхождения (почва, илы, природные воды, газо- и нефтеносные сланцы, битуминозные пески, часть осадочных карбонатов);
- косное вещество – горные породы, минералы, осадки, не затронутые прямым биогеохимическим воздействием организмов.

Первоначально под всеми этими терминами подразумевалась только совокупность живых организмов, обитающих на нашей планете, хотя иногда и указывалась их связь с географическими, геологическими и космическими процессами, но при этом скорее обращалось внимание на зависимость живой природы от сил и веществ неорганической природы.

Первым из биологов, который ясно указал на огромную роль живых организмов в образовании земной коры, был Ж.Б. Ламарк (1744–1829). Он подчеркивал, что все вещества, находящиеся на поверхности земного шара и образующие его кору, сформировались благодаря деятельности живых организмов.

Биосфера является определенной природной системой, а ее существование в первую очередь выражается в круговороте энергии и веществ, при участии живых организмов.

Очень важным для понимания биосферы было установление немецким физиологом Пфедером (1845–1920) трех способов питания живых организмов:

- автотрофное – построение организма за счет использования веществ неорганической природы;
- гетеротрофное – построение организма за счет использования низкомолекулярных органических соединений;
- миксотрофное – смешанный тип построения организма (автотрофно-гетеротрофный).

По данным, основанным на содержании энергии или углерода, количества живого, биогенного и биокосного вещества в биосфере, соотносятся как 1:20:4000.

По Вернадскому, работа живого вещества в биосфере может проявляться в двух основных формах:

- химической (биохимической) – 1 род геологической деятельности;
- механической – 2 род такой деятельности.

Геологическая деятельность 1 рода – построение тела организмов и переваривание пищи, – конечно, является более значительной. Классическим стало функциональное определение жизни, данное Фридрихом Энгельсом: «Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причем, с прекращением этого обмена веществ, прекращается и жизнь».

Сейчас появилась возможность вычислить скорость этого обмена. По данным Л.Н. Тюрюканова, у пшеницы, например, полная смена атомов происходит для фосфора за 15 суток, а для кальция – в 10 раз быстрее: за 1,5 суток. По подсчетам биолога П.Б. Гофмана-Кадашникова, в течение жизни человека через его тело проходит 75 т воды, 17 т углеводов, 2,5 т белков, 1,3 т жиров. Геохимический эффект физиологической деятельности организмов обратно пропорционален их размерам, и наиболее значимой оказывается деятельность прокариотов – бактерий и цианобактерий.

Еще Чарльз Дарвин подсчитал, что слой экскрементов, выделяемых дождевыми червями на плодородных почвах Англии, составляет около 5 мм в год. Таким образом, почвенный пласт мощностью в 1 м дождевые черви полностью пропускают через свой кишечник за 200 лет. Достаточно 40 экземпляров полихет на 1 м<sup>2</sup>, чтобы поверхностный слой донных осадков мощностью в 20–30 см ежегодно проходил через кишечник. Субстрат при этом существенно обогащается кальцием, железом, магнием, калием и фосфором по сравнению с исходными илами.

Биогенная миграция атомов 2 рода – механическая – отчетливо проявляется в наземных экосистемах с хорошо развитым почвенным покровом, позволяющим животным создавать глубокие укрытия (гнездовые камеры термитов, например, расположены на глубине 2–4 м от поверхности). Благодаря выбросам землероев, в верхние слои почвы попадают первичные невыветрившиеся минералы, которые, разлагаясь, вовлекаются в биологический круговорот.

Биогенная миграция атомов 2 рода распространена не только в наземных, но и в морских экосистемах, и здесь ее роль может быть еще более значительна. Олигохеты и полихеты углубляются в грунт на 40 см и более.

Сверлящая деятельность моллюсков фолад вызывает иногда катастрофические последствия. Когда в районе Сочи в результате непродуманного строительства берег обнажился от гальки, он начал отступать со скоростью до 4 м в год. Главным виновником разрушений были фолады, которые заселили каждый метр скального берега, сложенного глинистыми сланцами, и принялись дружно сверлить себе подводные норки. К счастью, был найден выход: берег стали укреплять поперечными стенками, а между ними засыпать гальку. В результате сверлильщики были уничтожены, движущаяся под ударами волн галька перемолола их. А в Западной Европе не менее опасную деятельность проводит случайно завезенный из Китая мохнаторукий краб – он проник во многие реки, и, строя свои норы, подрывает берега и разрушает плотины.

К биогенной миграции 2 рода можно отнести и перемещение самого живого вещества. Сюда относятся сезонные перелеты птиц, перемещения животных в поисках корма, массовые миграции животных. Естественно, что все эти разнообразные формы движения живого вызывают и транспортировку небιοгенного вещества. Для понимания той работы, которую совершает живое вещество в биосфере, очень важными являются три основных положения, которые Владимир Иванович Вернадский называл «биогеохимическими принципами».

В формулировке В.И. Вернадского они звучат следующим образом:

- 1 принцип: «Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению».

- 2 принцип: «Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы» (или в другой формулировке: «При эволюции видов выживают те организмы, которые своею жизнью увеличивают биогенную геохимическую энергию»).

- 3 принцип: «В течение всего геологического времени, с криптозой, заселение планеты должно было быть максимально возможным для всего живого вещества, которое тогда существовало».

Для Вернадского 1-й биогеохимический принцип был тесно связан со способностью живого вещества неограниченно размножаться в оптимальных условиях.

2-й биогеохимический принцип, по существу, затрагивает кардинальную проблему современной биологической теории – вопрос о направленности эволюции организмов. По мысли Вернадского, преимуществу в ходе эволюции получают те организмы, которые приобрели

способность усваивать новые формы энергии или «научились» полнее использовать химическую энергию, запасенную в других организмах.

3-й биогеохимический принцип также связан со «всюдностью» или «давлением» жизни. Этот фактор обеспечивает безостановочный захват живым веществом любой территории, где возможно нормальное функционирование живых организмов.

**2. Экосфера** – планетарная совокупность современных биомов. Верхняя граница экосферы расположена на высоте нескольких метров (<30 м) над поверхностью растительного покрова на суше или над океаном; нижняя – по горизонту грунтовых вод или максимального проникновения корней растений и роющих животных. В океане она ограничена слоем проникновения солнечных лучей, достаточным для осуществления фотосинтеза (не более 100 м) или глубиной сохранения биологической активности в донных осадках. За этими пределами остается ничтожная часть живых организмов, но находятся огромные массы продуктов их жизнедеятельности – и в атмосфере (газы, пары воды), и в гидросфере (растворенная и взвешенная органика).

Биота экосферы обуславливает преобладающую часть химических превращений на планете, т.е. выполняет глобальную метаболическую функцию. Суммарная биомасса экосферы составляет около 1,4 трлн тонн. Живое вещество экосферы на 98,6% представлено биомассой наземных растений, которые в основном определяют и химический состав суммарной биомассы.

#### *Основные функции экосферы*

*Газовая функция.* Живые существа постоянно обмениваются кислородом и углекислым газом с окружающей средой в процессах фотосинтеза и дыхания растений и животных. Растения строго контролируют концентрации  $O_2$  и  $CO_2$ , оптимальные для всей современной биоты.

*Концентрационная функция.* Пропуская через свое тело большие объемы воздуха и природных растворов, живые организмы осуществляют биогенную миграцию и концентрирование химических элементов и их соединений. Ранние этапы биологической эволюции проходили в водной среде. Организмы научились извлекать из разбавленного водного раствора необходимые для них вещества, многократно увеличивая их в своем теле. *Окислительно-восстановительная функция* живого вещества тесно связано с биогенной миграцией элементов и концентрированием веществ. Многие вещества в природе крайне устойчивы и не подвергаются окислению при обычных условиях. Но живые клетки располагают настолько эффективными катализаторами – ферментами, что способны осуществлять многие окислительно-восстановительные реакции в миллионы раз быстрее, чем это может происходить в абиогенной среде.

*Информационная функция.* Организмы оказались способными к получению информации путем соединения потока энергии с активной

молекулярной структурой, играющей роль программы. Способность воспринимать, хранить и перерабатывать молекулярную информацию совершила опережающую эволюцию в природе и стала важнейшим экологическим системообразующим фактором.

**3. Ноосфера** (от греч. *noos* – разум и *sphera*) – это сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная человеческая деятельность становится главным и определяющим фактором ее развития.

В начале 20 в. П. Тейяр де Шарден и Э.Леруа ввели понятие ноосфера, определяемое как идеальная и «мыслящая» оболочка, облегающая весь земной шар и формирование которой связано с возникновением и развитием человеческого сознания. В случае учения о биосфере В.И. Вернадский выделил его следующие основные аспекты: энергетический, биогеохимический, информационный, пространственно-временной и ноосферный. В термин *ноосфера* он внес свое, материальное содержание, выражающееся в том, что *ноосфера* – это новая и высшая стадия *биосферы*, связанная с возникновением и развитием в ней человечества, которое, познавая законы природы и совершенствуя технику, становится крупнейшей силой, сопоставимой по своим масштабам с геологическими, и начинает оказывать определяющее влияние на ход процессов в охваченной его взаимодействием сфере Земли, а впоследствии и в околоземном пространстве, глубоко изменяя ее своим трудом.

Со времени зарождения на планете *ноосфера* имеет тенденцию к постоянному расширению, превращаясь в особый структурный элемент космоса, выделяемый по социальному охвату природы. В самом понятии *ноосферы* подчеркивается необходимость разумной – отвечающей потребностям развивающегося человечества – организации взаимодействия общества и природы в противоположность стихийному и хищническому отношению к ней, приводящему к ухудшению состояния окружающей среды (Казначеев, 1989).

Появление человека на Земле предопределило неизбежность возникновения нового состояния биосферы – переход ее в ноосферу, оболочку разума, охваченную социальной целенаправленной деятельностью самого человека. В пределах биосферы первоначально возникла сфера первобытной деятельности человеческого общества, которая может быть названа *антропосферой*. Начало ей положило расселение человека по всей поверхности суши в результате использования огня, так как, овладев огнем, человек стал относительно независимым от климата и заселил все континенты за исключением Антарктиды (Войткевич, Вронский, 1989).

Становление ноосферы в современную нам эпоху теснейшим образом связано с овладением различными формами движения материи – первоначально механической, потом тепловой, затем химической и наконец, атомно-ядерной. На очереди овладение человеком биологической формы движения – создание живых форм с помощью методов и

средств биотехнологии и генной инженерии. В связи с этим возникают новые по качеству круговороты вещества в биосфере (Войткевич, Вронский, 1989; Казначеев, 1989).

Важнейший момент перехода биосферы в ноосферу состоит в том, что в него вовлекаются эволюционно-экологические основы социально-биологической организации самого человека. В эволюции биосферы совсем недавно выделялась новая высшая форма живого вещества – человечество, зародилась новая геологическая планетарно-космическая сила – научная мысль. Под ее влиянием неузнаваемо преобразился лик планеты, биосфера приобрела другой облик. Естественноисторическая эволюция планеты, живого вещества, социальной деятельности человека, его культуры и научной мысли характеризуется различными внутренними и внешними противоречиями. Самое масштабное в настоящее время – это несоответствие характера общественного производства, научной мысли и частнособственнической социальной организации. Это несоответствие угрожает атомными катастрофами, истощением биосферных ресурсов, уничтожением человечества и большей части биосферы (Казначеев, 1989).

Как известно, все живое вещество планеты подчиняется принципу Реди «живое от живого». Очевидно, сообразуясь с принципом Реди, можно выдвинуть принцип существования единого биосферного генома, характеризующего совокупность живого вещества в целом, хранение и передачу в нем информации.

Постулирование единого биосферного генома позволяет сделать важное заключение. Известно, что потеря или повреждение тех или иных локусов генома индивидуального организма, популяции может приводить к их вымиранию. Аналогично этому поражение (уничтожение) тех или иных растительных, животных видов может сопровождаться глубокими дефектами единого биосферного генома (Казначеев, 1989). Разработка модели глобальной экологии в определенной степени позволяет диагностировать «острые болезни» биосферы, оценивать степень наносимых ей травм.

Итак, ноосфера объединяет в себе социальные, космические и биосферные явления и становится при этом неделимым природно-историческим процессом, проходящим исключительно на высшем уровне. Все эти факторы очень трудно разграничить по степени их значимости в процессе формирования ноосферы (Казначеев, 1985; Казначеев, 1989).

Взаимоотношения Человека и Природы носят сложнейший характер и нуждаются в тщательном и подробном изучении. Успехи человечества в потреблении природных ресурсов зависят от познания законов природы и умелого их использования. Человечество как часть природы может существовать только в постоянном взаимодействии с ней, получая от нее все необходимое для жизни. Однако современные масштабы

и способы использования ресурсов биосферы таковы, что начинают нарушаться естественные сбалансированные равновесия и биосфере грозит потеря своего основного свойства – свойства самовозобновления (Войткевич, Вронский, 1989).

Характер отношения человеческого общества к природе определяется не только его научно-техническим уровнем, но и социальным сознанием, поскольку осознанное формирование *ноосферы* является залогом благополучия самого общества.

## **Тема 17. Растительные биоресурсы Дальнего Востока**

Важнейшими, наиболее оригинальными и уникальными экосистемами Дальнего Востока признаны южно-приморские черно-пихтово-широколиственные леса, леса Сихотэ-Алиня, остепненные дубовые леса и редколесья, эстуарии и лагуны морских побережий, водно-болотный комплекс озер, так называемые «лососевые реки», и т.д. Остановим наше внимание на важнейших из них.

### **1. Леса Сихотэ-Алиня**

#### *А) Хвойно-широколиственные леса.*

Преобладающим типом растительности Дальнего Востока являются леса. Они покрывают более 60% его территории. Наибольшие площади лесов сосредоточены в Хабаровском и Приморском краях. Основными естественными лесными сообществами считаются в южных районах черно-пихтовошироколиственные и кедрово-широколиственные леса, в средней части елово-пихтовые, а на севере – лиственничные леса и их аналоги. Черно-пихтово- и кедрово-широколиственные леса объединяются под общим названием хвойно-широколиственные леса. Доминанты хвойных пород – пихта цельнолистная и сосна корейская. Пихта цельнолистная – самое высокое хвойное дерево Дальнего Востока, иногда превышающее 45 м, диаметром более 1,5 м с мощной раскидистой декоративной кроной, с ценной древесиной. В настоящее время эта пихта встречается сравнительно редко, но хорошо сохранилась в заповедниках «Кедровая падь» и «Уссурийский», а также в виде примеси к кедрово-широколиственным лесам. Раньше же ее насаждения были обычны в бассейнах рек залива Петра Великого, в нижних поясах гор до высоты 200–300 м над уровнем моря. Образуемые ею леса характеризуются присутствием во всех ярусах большого числа теплолюбивых представителей, редких или даже отсутствующих в кедрово-широколиственных лесах. Из древесных пород – это граб, мелкоплодник, маньчжурский и ложно-зибольдов клены, сахалинская вишня, диморфант, актинидия.

Кедр корейский – также гигантское дерево, достигающее 40 м высоты, 2 м в диаметре и доживающее до 500 лет. Это величественный символ уссурийской тайги, его древесина прочная, долговечная, краси-

вая и находит широкое применение в хозяйстве, а семена – важнейший пищевой источник и основа существования всего живого, что неразрывно связано с кедровыми лесами.

Из широколиственных деревьев здесь обычны: липы – амурская, Такэ и маньчжурская, ильмы – долинный и горный, ясень маньчжурский, бархат амурский, орех маньчжурский, многочисленные виды кленов – мелколистный, маньчжурский, зеленокорый и другие. Во втором пологе древесного яруса растут: акатник амурский, рябины – амурская и двуцветная, сирень амурская, вишня Максимовича и т.д.

Из кустарников для кедрово-широколиственных лесов характерны чубушники, жимолости, элеутерокок, аралия, ряд бересклетов, лещина маньчжурская и др.

На лесных полянах и по опушкам деревья и кустарники часто обвиты лианами, которых насчитывается 15 видов. Из них наиболее известны: виноград амурский, лимонник китайский, актинидии, краснопузырник, виноградовник и др.

Травяной покров в таких лесах в зависимости от условий освещения может быть то слабо развитым, то весьма густым, высоким и разнообразным. Особенно много цветущих трав по опушкам леса и на полянах, чаще всего встречаются лабазник пальмовидный, волжанка лесная, ландыш, лилии, красодневы и другие. Весной до распускания листьев на деревьях и кустарниках, когда в лесу много света и влаги, пышно развиваются ярко цветущие эфемероиды. В это время выделяются оранжевые пятна лесного мака, золотистого адониса, белоснежных ветрениц, голубых и синих хохлаток. С отмиранием эфемероидов развиваются различные папоротники: осмунда, адриантум, вудсия и другие.

С ареалом хвойно-широколиственных лесов приблизительно совпадают ареалы целого ряда представителей фауны – пятнистого оленя, восточноазиатского леопарда, лесного кота, уссурийского кабана, рыси, уссурийского тигра, косули, горала, красного волка, непальской куницы, барсука и других. Богат и разнообразен мир насекомых кедрово-широколиственных лесов, которые являются основой жизни большого числа позвоночных. Блестящие, пестрые дневные бабочки – синезеленые парусники Маака, разнообразные сатиры, аполлоны, переливницы, голубянки и т.д. В теплые летние ночи летают многочисленные ночные бабочки – великолепные крупные павлиноглазки, бражники, шелкопряды, орденские ленты, пяденицы, совки и множество других. Из ночных видов интересны летающие жуки – светлячки.

Богатая и разнообразная фауна насекомых этих лесов включает много видов, питающихся зелеными частями растений, корой, древесиной, плодами и т.п. Многие из насекомых наносят заметный ущерб ценным древесным породам. Это гусеницы огневок, пядениц, шелкопрядов, многочисленные виды короедов, личинки долгоносиков и др.

На жизнь диких животных существенно влияют клещи и паразитические насекомые – слепни, мошки, комары. Обилие насекомых позволяет существовать в названных сообществах множеству птиц, главным образом насекомоядных и зерноядных, среди которых часто встречаются ярко окрашенные виды тропического происхождения – восточный ширококорот, личинкоед, различные мухоловки. Весьма характерно для хвойно-широколиственных лесов наличие опушенных птиц, древолазов – поползней, дятлов. В нижних ярусах леса встречаются различные крапивники, камышевки, зеленушки, дубоносы. В разреженных участках леса, в кустарных зарослях гнездятся овсянки, вьюрки. Из верхнего пояса хвойных лесов спускается сюда рябчик – местами он довольно многочислен, питается плодами лиан, желудями, мелкими насекомыми. Из всеядных птиц здесь обитают черная ворона, голубая сорока, из сов – длиннохвостая неясыть, рыбная сова, уссурийская совка. Из дневных хищников – сокол-сапсан, японский перепелятник и др.

С обилием насекомых связана также разнообразная фауна летучих мышей – ушан, водяная ночница, двцветный кожан, малый трубконос, восточный нетопырь, японская вечерница и др.

Богатство почвенной фауны: моллюсков, насекомых, дождевых червей и т.д. определяет благоприятные условия для жизни мелких насекомоядных млекопитающих. В лесной подстилке, почвенном слое, под пнями и хворостом живут уссурийский крот – могоера, несколько видов бурозубок,

Обилие тепла летом в зоне хвойно-широколиственных лесов благоприятно для жизни змей, Из числа наиболее типичных следует отметить тигрового ужа, достигающего в длину 1 м, имеющего ярко-зеленую окраску с широким черным ошейником, с черными поперечными полосами. Он прекрасно плавает, питается лягушками. Большой интерес представляет амурский полоз, длиной до 2 м и более. Он лазает по деревьям и живет в дупле высоко над землей и питается мелкими птицами и грызунами. Полозы не ядовиты. К ядовитым змеям относятся щитомордники, гадюки.

В хвойно-широколиственных лесах сосредоточено наибольшее количество реликтовых, эндемичных, исчезающих и полезных для человека видов растений и животных.

#### *Б) Хвойные леса*

Таежные леса с господством ели и пихты занимают до 30% лесопокрытой площади Дальнего Востока. Основные массивы их сосредоточены в бассейне р. Амгунь и по нижнему течению Амура. Главными темнохвойными породами являются ели аянская, сибирская, пихта почкочешуйная. Таежные леса отличаются от хвойно-широколиственных более простым строением, небольшим количеством ярусов, бедностью видового состава древесной, кустарниковой и травянистой растительности. Типичные кус-

тарники этих лесов – рябина бузинолистная, береза Миддендорфа, ольха камчатская, реже встречается кедровый стланик.

Травяной покров в зависимости от условий может либо отсутствовать, либо иметь все переходы к густому и разнообразному типу. Обычными травами ельников являются: кислица, майник двулистный, из кустарников – линнея северная. На освещенных местах, особенно в долинах, часто встречается вейник Лангсдорфа, седмичник европейский и особенно характерен папоротник амурский. Для северных и высокогорных ельников типичен – дерен канадский и шведский. В некоторых ельниках и пихтарниках выражен мохово-лишайниковый ярус.

Лиственничные леса составляют 40% всех лесов Дальнего Востока. Основные регионы распространения – бассейны рек Буреи и Зеи, отсюда они протягиваются на север, где занимают все хребты, до бассейна р. Колымы. В южных районах они встречаются отдельными изолированными лесами по долинам рек Амура и Усури.

Господствующим деревом названных лесов является лиственница даурская, разделенная в последнее время на ряд мелких видов. Это часто крупное, быстро растущее дерево, достигающее в лучших условиях до 35 м высоты и обладающее прочной и ценнейшей древесиной. В южных районах в лиственничниках возможна примесь дуба, в северных – берез, осины, реже ели, пихты. На западе частым спутником лиственницы является сосна.

Лиственничники всегда имеют небольшую сомкнутость древесного полога, что способствует развитию нижних ярусов растительности. В кустарниковом ярусе встречаются береза Миддендорфа, кедровый стланик, различные багульники и таволги, местами обильна голубика и шикша сибирская.

В заболоченных низинах в лиственничниках развит мощный слой осок, вейников и других трав, а в сухих местообитаниях ковер кустистых лишайников.

Растительные корма в хвойных лесах менее разнообразны, чем в хвойно-широколиственных. Жизнь ряда видов животных тесным образом связана с урожайностью ели, пихты, сосны, кедрового стланика. Это прежде всего белка, бурундук, клест. Корою, ветками осины, берез, кустарников питается лось, лишайники поедают олень, кабарга. Они обитают обычно в высокогорных ельниках. В лесах с зарослями кедрового стланика обитают соболь, птица кедровка, поедающие его семена. Из грызунов, характерных для тайги, являются лемминги, лесные полевки, из хищных млекопитающих кроме соболя – колонок, горностай, ласка, росомаха, барсук, бурый медведь, волк, рысь, заяц.

Типичные представители орнитофауны – японский и краснокрылый свиристель, черный рябчик дикуша, белые куропатки, мухоловки, дятлы, лесной конек, филин, сокол-сапсан, ястреб-тетеревятник, сибирский осоед, беркут и др.

Значительные площади на Сихотэ-Алине заняты также вторичными формациями дубняков, березняков, осинников, а также кустарниковой растительностью в виде зарослей кедрового стланика, ольхи камчатской, микробиоты перекрестнопарной, лещины разнолистной и др.

**2. Роль лесных экосистем.** Растительный покров Дальнего Востока занимает большой удельный вес в общем балансе нашей страны. По разнообразию и богатству биоресурсов Дальний Восток заслуженно занимает одно из первых мест среди других экономических районов нашей страны. Обширные лесные массивы – места обитания пушных и копытных животных. Леса имеют огромное водоохранное значение, играют большую роль в сохранении рыбных богатств и смягчают климат. Важная роль принадлежит лесу в сельском хозяйстве как могучему регулятору влаги и основному фактору предохранения почв и грунтов от эрозии. Леса Дальнего Востока содержат около 6 млрд куб. м древесины. Только в Приморье и Приамурье встречаются естественные насаждения бархата амурского – единственного производителя пробкового сырья, имеющего большое промышленное значение. В лесах Дальнего Востока насчитывается свыше 60 видов дикорастущих, ягодных и орехоносных растений. Особенно значительны запасы в южных районах: винограда, лимонника, актинидии, а на севере: черемухи, голубики, жимолости, брусники и других. Орехи собирают с кедра, лещины, маньчжурского ореха. Известно более 40 видов съедобных грибов, немало ценных технических растений: гутаперченосные, каучуконосные, красильные. Есть растения, дающие волокно, алкалоиды, глюкозиды, много медоносных, лекарственных, декоративных растений.

Леса Сихотэ-Алиния богаты различными видами промысловых животных, доставляющих ценную пушнину или мясо (пятнистый олень, изюбр, соболь, горал, косуля, кабан, медведь, енотовидная собака, колонок, белка, харза, лось, дикуша, глухарь и др.).

**3. Экологические проблемы лесных сообществ.** В современную эпоху исключительно велика роль антропогенного фактора. Многочисленные влияния человека на лес проявляются как в стихийной форме, например, лесной пожар возникает от непотушенного костра, так и в сознательном воздействии (охрана лесов, лесовосстановление, интродукция и др.). Большие изменения лесной среды особенно проявляются при промышленной добыче древесины.

Уровень антропогенной нагрузки на природные экосистемы суши, основой которых является растительность, уже привел к локальным нарушениям экологического равновесия и создал угрозу такого нарушения в региональном масштабе.

Воздействие на естественную растительность большей частью связано с непосредственным использованием природных ресурсов. Число факторов, пресыщающих или существенно трансформирующих естест-

венное развитие наземных экосистем, непрерывно возрастает, но наиболее сильнодействующими в современных условиях являются промышленные рубки леса, пожары, нерегулируемое рекреационное пользование, техногенное воздействие и, наконец, катастрофические последствия природных явлений.

**4. Разрушительные факторы.** Одним из разрушительных факторов являются сплошные, научно необоснованные нерегулируемые рубки, в результате которых оголяются иногда огромные площади. Наиболее губительны эти рубки в горных лесах, где уничтожение лесного покрова немедленно приводит к эрозии, к резкому уменьшению запасов древесины, к сокращению животного населения, изменяются микроклиматические условия светового, теплового, гидрологического и ветрового режимов. В результате создаются новые условия для роста и развития оставшихся деревьев и для новых поколений леса.

Для горных, смешанных, разновозрастных лесов, составляющих значительную часть лесов Дальнего Востока, более всего подходят выборочные рубки. Однако основными способами рубок в последние 30–40 лет были условно-сплошные рубки, основная часть которых была сосредоточена в наиболее ценных кедрово-широколиственных лесах. Условием восстановления этих лесов является максимальное сохранение подроста, имеющегося под пологом древостоя, поступающего в рубку. Но при использовании многочисленной мощной техники подрост этот сильно повреждается. При этом происходит смена пород на малоценные, а восстановление хвойных лесов может растягиваться до 200 лет и более.

В последние годы резко увеличилась рубка твердолиственных пород (ясеня, дуба) для коммерческих целей. Китайские бизнесмены скупают незаконно вырубленную древесину по демпинговым ценам у жителей сел. Многие фирмы торгуют лесом без соответствующих разрешений. Как считают ученые, товарные запасы ясеня исчезнут через 2–3 года. Необходимы десятилетия для исправления возникшей ситуации.

Несмотря на охранные мероприятия, продолжается незаконная рубка кедра корейского. Сложным остается положение спутников хвойно-широколиственных лесов. На Нижнем Амуре резко сокращают свое распространение тис, лимонник китайский, джефферсония сомнительная, симплокарпус вонючий, груша уссурийская и др. Обедняется ценофонд Камчатки, прежде всего, вследствие сведения хвойных лесов в ее центральной части.

В катастрофическом положении оказалась и формация широколиственно-чернопихтовых лесов. Единственным путем спасения ее остатков является сейчас незамедлительный полный запрет рубки пихты цельнолистной.

Совершенствование лесозаготовительной и дорожно-строительной техники ведет к проникновению лесной промышленности в

верхний пояс гор Сихотэ-Алиня. Лесные экосистемы Сихотэ-Алиня, находящиеся на высоте более 860–900 м над уровнем моря, чрезвычайно неустойчивы к антропогенным воздействиям, и вмешательство такого мощного агента, как рубка, приведет к уничтожению леса на столетия и катастрофическому нарушению экологического равновесия на площади нижележащих водосборных бассейнов.

Не менее разрушительным для лесов фактором являются пожары. Дальневосточные леса развивались под многовековым воздействием пожаров, которые наложили своеобразный отпечаток на характер и распространение биоценозов. Периодичность возникновения пожаров и степень их воздействия на природные ландшафты тесно связаны с историей освоения Дальнего Востока и деятельностью человека.

Особенно заметны последствия лесных пожаров в местах древних поселений туземных племен, занимавшихся земледелием и скотоводством. Намеренное выжигание угодий, в том числе и лесных площадей, являлось важным хозяйственным мероприятием. Меньшее распространение, преимущественно локального характера, в те древние времена наблюдалось в районах поселений охотничьих племен, которые практиковали иногда выжигание тайги с целью создания кормовых угодий для копытного зверя в виде молодых гарей, зарастающих березой, осиной и травой. Пуск палов весной и осенью на лугах и болотах проводился для облегчения охоты и вообще для уничтожения травянистых зарослей. Не исключена возможность возникновения пожаров в то время просто от неосторожного обращения с огнем, молний и других причин.

Отдельные вспышки пожаров связаны с освоением ряда районов Дальнего Востока экспедициями русских казаков (начало 13 – середина 11 в.). Особенно большое распространение пожаров наблюдалось с момента массового освоения Дальнего Востока русским переселенческим населением (70–80-е годы 19 в.). В этот период огонь служил мощным средством, облегчающим создание пахотных участков на месте тайги. Палы пускали для улучшения сенокосов и т.п. Ежегодно золотоискатели выжигали обширные площади леса. Значительная вспышка лесных пожаров совпала с периодом иностранной интервенции и первыми годами после нее (1917–1922). Лесозаготовки, проводившиеся в те годы хищническим образом, вызывали захламенение лесосек. Отсутствие противопожарных мер и неосторожное обращение с огнем привели к ряду гигантских пожаров на побережье Татарского пролива. С начала железнодорожного движения (конец 19 в.) многие массивы леса охватили пожары, возникшие от искр паровозов.

Малонаселенная и менее изученная северо-восточная часть Дальнего Востока была в меньшей степени подвержена пожарам в прошлом, однако за последние 50–60 лет леса этого района сильно пострадали от огня, особенно территории, примыкающие к БАМу. Наиболее высокая горимость в Хабаровском крае и Амурской области.

За последние годы лесные пожары большей частью развиваются и действуют в зоне распространения елово-пихтовых лесов (низовья Амура, побережье Татарского пролива) и наносят серьезный урон сырьевой базе целлюлозно-бумажной промышленности. От огня гибнут также ценнейшие хвойно-широколиственные леса и лиственничники.

Воздействие огня на наземные экосистемы Дальнего Востока имеет катастрофические масштабы, и наблюдается твердая тенденция к их расширению. Пожарам подвергаются лесные массивы во всех районах. Экологический и экономический ущерб от пожаров огромен и с трудом поддается реальному учету. При подсчете по действующим методикам годовой ущерб только от лесных пожаров с 1948 по 1988 г. возрос с десятков тысяч до миллионов рублей, в последние годы до миллиардов руб. Площади годичных, лесных пожаров нередко превышают площади лесов, пройденных рубками, и годовые площади посадок леса.

В равнинных и низинных наиболее освоенных районах неупорядоченное воздействие огня проявляется в виде осенних и весенних палов. Это связано с засушливыми сезонами перед летней вегетацией или с глубокой осенью, когда после вегетации накапливается большая масса сухого опада растительности. Возникновению палов способствует также традиционное выжигание травы на сенокосных угодьях, либо неосторожное обращение населения с огнем в пожароопасные периоды. С сельскохозяйственных угодий огонь переходит в прилегающие леса, уничтожая растительность, места обитания зверей, птиц и других животных, нередко угрожая населенным пунктам, коммуникациям и жизни людей. Участились пожары в отдельных горных, лесных районах в связи с активизацией промышленного и рекреационного освоения. Не исключено стихийное возникновение пожаров во время сухих гроз, но абсолютное их большинство возникает по прямой или косвенной вине человека. Отрицательное воздействие на биоценозы заповедников оказывает выгорание сопки на сопредельных территориях, пожары иногда заходят и в заповедники, возможности защиты которых весьма ограничены. Следствием пожаров являются подсыхание и снижение жизненности древесных пород, их отмирание, гибель животных, что приводит к изменению трофических связей и других сложных взаимоотношений в ценозе.

Вред от лесных пожаров все более усиливается, наблюдается тенденция увеличения площади ежегодно прогораемых лесов. В результате частых низовых пожаров происходит изреживание древесного полога, гибель подроста и кустарников. Образующийся после прогорания густой травостой из злаков и осок делает эти участки более пожароопасными. После пожаров зачастую гибнет подрост и сильно повреждаются деревья кедра, а также гибнут посадки хвойных пород. Результатом пожаров и промышленных выбросов в конечном итоге является развитие эрозийного процесса, выражающегося в разложении и смыве почвенного слоя.

На состояние лесных биогеоценозов негативное воздействие оказывает туризм, или так называемый «рекреационный пресс» – массовый отдых на лоне природы.

Леса горной системы Сихотэ-Алиня и южно-приморские чернопихово-широколиственные леса являются одним из основных природных комплексов международного и общероссийского значения.

Принцип неистощимости и постоянства рекреационного природопользования базируется на учете рекреационной емкости территории, имеющей определенный предел, за которым начинается необратимая дигрессия или возникает «перенаселенность» объекта. Создается психологический дискомфорт. Ненормированное или неверно нормированное рекреационное использование ландшафтов часто приводит к разрушению почвенного и растительного покрова, ухудшению условий обитания диких животных и их уничтожению, загрязнению среды, нарушению жизненно важных связей в биоценозах. При стихийном рекреационном освоении территорий отмечается истощение особо ценных рекреационных ресурсов.

Широкое развитие сети дорог и общественного транспорта и все возрастающее число личных автомобилей приводит к тому, что рекреационные зоны вокруг населенных пунктов расширяются со все возрастающей быстротой. Кроме возникающих при этом пожаров, поломанные деревья и кустарники, вытопанные травы, замусоренные места отдыха свидетельствуют о тяжелых последствиях.

Неумеренные заготовки растительного сырья ведут к резкому сокращению ареалов полезных для человека растений и животных. Значительный ущерб наносит бесконтрольный сбор дикорастущих лекарственных и пищевых растений частными лицами, особенно луковичных, клубневых и корневищных трав. В последние годы возникла контрабанда дикими растениями и животными. В огромных количествах вывозятся в Китай кедровые «орехи», элеутерококк и другие ценные растения. Только корней женьшеня, краснокнижного растения, вывезено до 2 тонн – это оценивается до 80 млн долларов.

**5. Меры по сохранению национального богатства.** Принимаемые меры охраны природы в целом и ее компонентов в виде представителей растительного и животного мира (создание Красных книг, организация заповедников, заказников, памятников природы) несут в себе специфику пассивных форм охраны природы как в целом, так и отдельных ее компонентов и не являются гарантом для сохранения целого ряда видов живых организмов. Проблемы охраны природы и улучшение заповедного дела у нас в стране носят исключительно теоретический характер. Об охране природы много пишут, еще больше говорят, даже выделяются финансы, но на практике все обстоит гораздо хуже. На практике ведется хищническое, безграмотное, бесхозяйственное уничтожение леса на неохраняемых террито-

риях. Ведется необоснованный научными данными отстрел животных, вылавливается на нерестилищах последняя рыба, загрязняются реки, атмосферный воздух, накапливаются в земле ядохимикаты. Крохотные островки заповедных территорий не в состоянии удерживать экологическое равновесие. Неразумные формы хозяйственной деятельности уже привели к резкому сокращению и даже полному исчезновению некоторых видов растений и животных.

Ряд видов растений и животных редки в силу природно-исторических факторов, другие стали редкими под влиянием различных видов деятельности человека, начиная от прямого преследования (сбор растений и их семян, отстрел и отлов животных) и заканчивая побочными отрицательными последствиями того или иного вида хозяйствования, вызывающего изменения условий среды, их частичную или полную деградацию. В последние годы численность и ареалы краснокнижных видов на Дальнем Востоке сокращаются. Создается такая ситуация, что часть уникальной флоры и фауны, их научная ценность могут быть безвозвратно потеряны, если не будут приняты срочные и конкретные меры по их охране и размножению [4].

Бесконтрольное использование ресурсов возрастает. Во Владивостоке в декабре 1999 г. состоялась Международная конференция по торговле растениями и животными. Предполагается заключение международного соглашения по усилению контроля за этой торговлей.

Отсутствие бюджетных ассигнований на проектирование, строительство и содержание национальных парков вынуждает рассматривать возможность их создания на коммерческой основе. Например, возможными партнерами национального парка залива Петра Великого рассматриваются Морской заповедник, Тихоокеанский флот, Хасанский райисполком, а также привлеченные зарубежные спонсоры.

Возможна и такая форма рекреации, как долговременная аренда участков побережья предприятиями и организациями при условии неукоснительного соблюдения экологического гомеостаза.

Предлагается также создание научно-производственных центров, где будут осуществляться мероприятия по охране и воспроизводству редких и исчезающих видов растений и животных. Например, разведение редких и экзотических видов насекомых с последующей их реализацией коллекционерам позволит сбить ажиотажный спрос на них и предотвратить их уничтожение в природе. Такой центр рекомендуется основать в предполагаемом Борисовском национальном парке. Кроме насекомых, здесь рекомендуется разведение горала, дальневосточной черепахи, краснопоясного олигодона, некоторых редких видов птиц и животных для прижизненного получения лекарственного сырья (медвежьей желчи, кабарожьей «струи», змеиного яда).

Для сохранения экологического благополучия и сохранения биологического разнообразия в регионе возникает настоятельная необходи-

мость создания зон экологического просвещения с музеями природы, живой коллекцией «краснокнижных» видов маньчжурской тайги, показательными плантациями исчезающих особо декоративных и лекарственных растений.

## **Тема 18. Экологические проблемы России**

**1. Глобальные проблемы.** Экологические проблемы человечества стали весьма существенными проблемами всей природы на Земле.

Объем антропогенного воздействия на природу и окружающую человека среду в XX веке стал слишком велик и приблизился к пределу устойчивости биосферы, а по некоторым параметрам и превзошел его.

Проявления:

- резкое сокращение площади ненарушенных естественных экосистем, их существенная антропогенная деградация на остальной площади суши, уменьшение биологического разнообразия ослабляют и нарушают природные потоки вещества и энергии, вызывают необратимое количественное и качественное обеднение биосферы;

- потребление и изъятие человеком возобновимых природных ресурсов – пресной воды, почвенного гумуса, биомассы и продукции растений – достигло критической скорости или превысило темпы их естественного воспроизводства;

- отходы человеческого хозяйства загрязняют среду, так как они содержат множество веществ и материалов, не утилизируемых в естественных природных круговоротах; загрязнение ведет к химической деформации окружающей среды и неблагоприятным геоклиматическим изменениям, создает угрозу здоровью людей, вызывает деградацию экосистем;

- на потоках веществ и энергии в природе стала сказываться существенная разомкнутость антропогенного круговорота веществ; появились признаки нарушения биосферного равновесия, ослабления средообразующей и средорегулирующей функции биосферы;

- резко сократились и продолжают быстро уменьшаться запасы многих невозобновимых, главным образом минеральных и топливных ресурсов Земли; что, в свою очередь, создает серьезные экономические проблемы.

Все это означает наступление глобального антропогенного кризиса.

Природа отвечает на возрастающее антропогенное давление часто непредвиденными изменениями, создающими экологическую опасность:

- химическое и радиационное загрязнение среды ускоряет мутации и приводит к появлению новых биологических форм, обладающих повышенной устойчивостью, адаптивностью, а иногда и опасными для человека свойствами;

- избирательное воздействие на отдельные виды микроорганизмов, растений или животных – исключение этих организмов из природных сообществ вызывает неконтролируемые цепные реакции, нарушает устойчивость экосистем;

- антропогенное преобразование ландшафтов и загрязнение среды часто имеют неконтролируемое последствие, приводящее к возникновению зон повышенного экологического риска, экологических бедствий и экономических потерь.

Человек оказался в ловушке противоречия между своей консервативной биологической сущностью и нарастающим отчуждением от природы. Используя изобретенные им технологии и средства жизнеобеспечения, человек в большей мере освободился от давления естественного отбора и межвидовой конкуренции. Он на несколько порядков превысил биологическую видовую численность и еще в десятки раз объем использования веществ и энергии для удовлетворения надбиологических потребностей.

Человечество XX века приобрело черты цивилизации потребления, экономика которой поддерживается преимущественно за счет провокации большого числа вторичных, факультативных (необязательных) потребностей.

**2. Главные задачи.** Перечень проблем и структура мегаэкологии позволяют понять многообразие ее задач. Важнейшие общие задачи современной экологии в ее широком понимании – это:

1. Всеобъемлющая диагностика состояния природы планеты и ее ресурсов; определение порога выносимости живой природы планеты – биосферы по отношению к антропогенной нагрузке, т.е. к тем помехам и утратам – изъятию биологических ресурсов, загрязнению среды, изменениям климата, которые наносятся человеческой деятельностью, и выяснение степени обратимости этих изменений.

2. Разработка прогнозов изменений биосферы и состояния окружающей человека среды при разных сценариях экономического и социального развития человечества.

3. Отказ от природопокорительской идеологии; формирование новой идеологии и методологии эгоцентризма, связанной с переходом к постиндустриальной цивилизации и направленной на экологизацию экономики, производства, политики, образования.

4. Выработка критериев оптимизации – выбора наиболее согласованного с экологическим императивом и экологически ориентированного социально-экономического развития общества – экоразвития.

5. Формирование такой стратегии поведения человеческого общества, такой экономики и таких технологий, которые приведут масштабы и характер хозяйственной деятельности в соответствие с экологической выносимостью природы и остановят глобальный экологический кризис.

Все эти глобальные и национальные проблемы имеют не только экологические причины. Многое зависит от экономики, общественной идеологии и политики. Но именно современная экология вносит коррективы командно-бюрократическую систему управления, в которой главенствовали заидеологизированные технократы и военные. Сформировалось ресурсоемкое, энергоемкое и, следовательно, природоемкое хозяйство, что привело к глубоким нарушениям природных систем и окружающей человека среды.

Экономика становится не только «глупее» с деградацией прогрессивных отраслей, но и «грязнее» с увеличением удельного веса природоэксплуатирующих секторов хозяйства. Переход к рыночной экономике при отсутствии экологической регламентации усугубляет эти тенденции. А ухудшение экологической ситуации, в свою очередь, создает дополнительные экономические трудности.

Превышение допустимой антропогенной нагрузки на природную среду в России обусловлено многими факторами, среди которых наиболее существенны:

- значительная территориальная неравномерность (в основном по оси восток-запад) распределения ресурсов, плотности населения и хозяйственного потенциала; большая протяженность энергетических и транспортных коммуникаций;
- высокая концентрация промышленности в крупных индустриальных центрах, чаще всего со стихийно возникшим, далеким от оптимума набором отраслей и плохой планировочной структурой;
- неблагоприятные климатические условия, требующие высокого удельного энергопотребления и других эксплуатационных затрат;
- низкий технологический уровень многих подготовленных и производственных процессов; медленная обновляемость основных производственных фондов, их высокий износ и аварийность; большая отходность производства, низкий уровень рециклинга и переработка вторичных ресурсов;
- экстенсивная эксплуатация земельных, водных и лесных ресурсов при недостаточном уровне их восстановления и высоком проценте невозвратимых потерь; малая относительная площадь заповедных территорий;
- низкая эффективность контроля эксплуатации природных ресурсов и загрязнения среды; слабость оперативной обратной связи между состоянием среды и техногенной нагрузкой.

Состояние здоровья населения России ухудшается под двойным прессом неблагоприятных экономических и экологических условий. Наибольшую тревогу вызывают:

- проявления деградации фонда наследственной информации у значительной части населения, что выражается в росте числа наследственных заболеваний;

- заболевания, их хронизация, потери трудоспособности и сокращение продолжительности жизни, обусловленные плохими экологическими и гигиеническими условиями проживания и труда, а также курением, алкоголизмом и наркоманией;

- высокая химическая и радиационная нагрузка на значительные контингенты населения, приводящая к широкому спектру экотологий, в том числе к злокачественным новообразованиям, иммунодефициту и аллергиям;

- большая частота нарушений беременности и родов, тератогенных эффектов – дефектов развития новорожденных, высокая детская заболеваемость и смертность.

Основные проблемы природопользования в России такие же, как и во всем мире:

- загрязнение атмосферы – радиационное, химическое, тепловое разрушение озонового слоя; загрязнение международных вод нефтепродуктами, радиоактивными отходами, химическими загрязнителями;

- использование гидроресурсов на пограничных территориях, реках;

- уничтожение редких животных.

Состояние окружающей среды определяется состоянием атмосферы, водных и лесных ресурсов. Экологический кризис характеризуется состоянием, когда «потребительское давление населения Земли», т.е. индустриальное потребление различных видов ресурсов становится близким к пределу способности самопроизводства природы. Это требует выработки такого экономического механизма природопользования.

В России с переходом на рыночные отношения острота проблемы зачастую снижается или снижается медленными темпами в связи с сокращением производства. Суть экологического кризиса в нашей стране состоит в том, что технологический способ производства пришел в неразрешимое противоречие с природой.

В нашей стране наблюдается устойчивая тенденция сокращения площадей продуктивных сельскохозяйственных земель. С 1990 по 1995 гг. их площадь уменьшилась на 1,17 млн га, а площадь пашни – на 2,46 млн га. Только за 1997 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения сократилась на 7,9 млн га. В 1997 году в составе сельскохозяйственных угодий России более 116 млн га занимают эрозионно-опасные и подверженные водной и ветровой эрозии земли, в том числе эродированные (53,6 млн га). Общая площадь оврагов составила более 2 млн га, а площадь заовраженных земель – более 5 млн га. Каждый третий гектар пашни и пастбищ является эродированным и нуждается в осуществлении мер защиты от деградационных процессов.

Многие водоемы оцениваются как экологически неблагополучные. Около половины населения страны вынуждено использовать для питья воду, не соответствующую по ряду показателей гигиеническим требо-

ваниям. Хроническое загрязнение водоемов привело к серьезному ухудшению условий воспроизводства ценных видов рыб, сокращению их запасов и уловов.

Большой ущерб лесному хозяйству причиняют лесные пожары. Площадь сгоревших лесов ежегодно превышает 1 млн га.

По данным на 1996 г., 109 млн россиян из 148 млн проживают в неблагоприятных экологических условиях. 40–50 млн человек испытывают влияние 10-кратного превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) различных вредных веществ в окружающей среде, 55–60 млн – 5-кратного превышения ПДК.

### **3. Экологические проблемы ВВП.**

Вызваны загрязнением окружающей природной среды:

– отходами отработанного ядерного топлива на базах и судовых комплексах, попаданием радиоактивных отходов в море (с 1961 по 1990 гг. в районах Баренцева и Карского морей затоплено более 11 тысяч контейнеров с радиоактивными отходами и 15 аварийных реакторов с атомных подводных лодок, в Японском море – 2 ядерных реактора). Ежегодно образуется до 20 тысяч куб.м жидких и до 6 тысяч тонн твердых радиоактивных отходов;

– проведенными ранее испытаниями атомного оружия (например, уровни радиоактивных выпадений в северных регионах страны возросли на 2–3 порядка);

– падением частей ракет-носителей с остатками компонентов жидкого ракетного топлива (отмечается на 9 млн кв. км площади). Около 30 тыс. тонн компонентов ракетного топлива, снятых с вооружения систем, скопилось в войсках противовоздушной обороны;

– авариями при хранении химического оружия (около 40 тысяч тонн);

– проливом и утечкой горюче-смазочных материалов (армия и флот расходуют ежегодно около 10 млн т горюче-смазочных материалов и имеют более 50 трубопроводов и объектов наливного оборудования). Напряженная ситуация сложилась на объектах ВВС и ПВО (на значительных площадях в верхних горизонтах грунтовых вод образовались «линзы» авиационного керосина – аэродромы в городах Энгельс, Моздок, Каменск-Уральский, Ейск).

К числу основных экологических проблем оборонных отраслей промышленности относят проблемы хранения, утилизации и уничтожения ядерных реакторов атомных кораблей, ракет, боеприпасов различного назначения (в том числе и химических).

Утилизация и уничтожение ВВП (порядка 300 типов) повлекут за собой выброс в окружающую природную среду значительных объемов загрязняющих продуктов различной степени токсичности (например, около 240 кг пыли токсичных металлов и 250 кг газовых выбросов при разрезании одной атомной подводной лодки). При годовом спаде производства в

отрасли на 30% и сокращении на 20% объемов использования водных ресурсов сокращение сброса загрязненных сточных вод в природные объекты составляет около 33%, а выбросов в атмосферу – 37%.

В докладе Госатомнадзора России отмечается, что в 1995 г. ни одна атомная станция России не имела полного комплекта установок для подготовки жидких и твердых радиоактивных отходов к захоронению, а отходы при организации их хранения не проходили экологическую экспертизу.

#### **4. Современное состояние здоровья населения России**

Продолжительность жизни всего населения в России в 1995 г. составляла 65 лет, иными словами, среднестатистический россиянин жил на 10–15 лет меньше, чем гражданин страны с развитой экономикой. По продолжительности жизни мужчин Россия находится на 135 месте в мире, а женщин на 100 месте.

Рост заболеваемости и смертности от инфекционной патологии связаны с эпидемиологической обстановкой в России, которая остается очень напряженной. Обеспечение населения питьевой водой хорошего качества остается крайне неудовлетворительным. Доля проб водопроводной воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, составила 21,55% на коммунальных водопроводах и 23,22% на ведомственных, а по микробиологическим показателям – 8,68 и 13,59% соответственно. От 7 до 15% основных продуктов питания (молочных, мясных, рыбных) не отвечают требованиям стандартов по микробиологическим показателям, до 10% исследованных образцов продуктов содержат токсичные микроэлементы и антибиотики.

В России угрожающе растет число болезней, передаваемых половым путем. Так, заболеваемость сифилисом в 1996 г. на 100 тыс. населения была 254,2, а в 1989 г. она составляла соответственно 5,4. В крупнейших городах страны заболеваемость венерическими болезнями была еще более высокой. В 1995 г. в России было зарегистрировано 1269 случаев ВИЧ-инфицированных. За первое полугодие 1996 г. в стране было выявлено в два раза больше ВИЧ-инфицированных, чем за тот же период в 1995 году. Такую ситуацию медики связывают, в частности, с тем, что вирус СПИДа попал в среду наркоманов, где достаточно быстро передается через внутривенные инъекции наркотиков.

Обоснованную тревогу у специалистов вызывает состояние здоровья женщин России. На фоне воздействия сложного комплекса неблагоприятных факторов, в том числе состояния окружающей среды, социальных проблем, промышленно-экологической ситуации, качества пищи и питьевой воды, недостаточной витаминной и минеральной насыщенности продуктов питания, продолжает ухудшаться состояние здоровья матери в период вынашивания ребенка. Различные гинекологические заболевания выявляются у 10–12% девочек и девушек-подростков, у 40–60% женщин детородного возраста (15–49 лет) и у 50% женщин старше 50 лет.

Гигиенические исследования, проведенные в последние годы в России, установили, что вклад загрязнения атмосферного воздуха в суммарную заболеваемость детей составляет примерно 37%, а в развитие заболеваний органов дыхания – 50,8%. Зависимость хронических заболеваний миндалин и аденоидов от загрязнения воздуха составляет 35,2%, хронического бронхита – 34,3%, болезней крови – 26,4%, заболеваний эндокринной системы и обмена веществ – 16,3%, органов пищеварения – 18,1%, мочеполовой системы – 12,4%.

В России среди детей, проживающих в загрязненных районах, болезни крови и кроветворных органов встречаются в 3,5 раза, мочевыделительной системы в 2,8 раза, глаз в 1,8 раза, кожи и подкожной клетчатки в 1,3 раза, органов дыхания в 1,4 – 1,8 раза чаще, чем в среднем по стране. На характер детской заболеваемости влияет профиль промышленных предприятий вблизи детских садов и школ. В зоне влияния химических производств заболеваемость детей в 1,5–2 раза, около нефтехимических и нефтеперерабатывающих заводов в 2–3 раза, около металлургических комбинатов в 4–5 раза выше, чем в контрольных районах.

*Стерлитамак* – один из экологически неблагоприятных городов России с развитой углехимической, нефтехимической и химической промышленностью и чрезвычайно опасным уровнем загрязнения атмосферы. Здесь, по сравнению со средними показателями, увеличены: мертворождаемость – в 5,5 раза, антенатальная гибель плода – в 2 раза, рост врожденных пороков развития – в 3 раза; онкологическая заболеваемость – в 2,2 раза, число детей с нарушениями физического развития – в 2 раза; заболеваемость гепатохолециститом – в 2–5 раз; бронхиальной астмой – в 6 раз. В г. *Чапаяевске* Самарской области расположены крупные химические заводы, деятельность которых привела к интенсивному загрязнению окружающей среды. В результате детская смертность здесь в два раза выше, чем в среднем по области, значительно больше врожденных аномалий развития, гепатитов, циррозов печени. Сибирский город Братск относится к числу городов с очень интенсивным загрязнением среды. При обследовании 2128 детей из дошкольных учреждений было выявлено значительное распространение среди них аллергических заболеваний, состояний иммунологической недостаточности, патологии ЛОР-органов. Только 13,5% детей были отнесены к категории «практически здоровых», а 17,8% детей – к категории «страдающих хроническими заболеваниями».

К серьезным нарушениям здоровья приводит загрязнение источников водоснабжения. На фоне общего поражения организма в первую очередь страдают мочевыводящая система и органы пищеварения. Так, в г. Уфе в марте 1990 г. вследствие аварии на крупном нефтеперерабатывающем производстве сточные воды с высоким содержанием фенола попали в водоносные горизонты, из которых поступает питьевая вода

для южной части города с населением 600 тыс. человек. В результате резко повысилась заболеваемость населения, в том числе детей. Питательная вода была загрязнена в течение 15 дней. Проведенное через 2 месяца обследование показало, что за это время в пораженном районе дети пропустили в школе в 3 раза больше дней, чем в контрольном районе.

Высокие концентрации загрязняющих веществ в разных компонентах окружающей среды привели к появлению так называемых «экологических заболеваний». В их числе описаны химическая астма; Киришский синдром (тяжелая аллергия, связанная с выбросами от производства белково-витаминных концентратов); синдром тикеров, который развивается у детей в зонах нефтеперерабатывающей промышленности; общая иммунная депрессия при интоксикации тяжелыми металлами, диоксинами и др.; болезнь Юшо, связанная с действием на организм ребенка полихлорированных бифенилов. На Урале появилось заболевание, получившее название «картофельной болезни» (симптом «хлопающей стопы»); в Алтайском крае обнаружено заболевание, которое назвали «желтые дети».

### **5. Экологические проблемы Дальнего Востока**

Дальний Восток, отдельный мир из шести областей и краев, грандиозный и хрупкий, освоенный и малодоступный, значение которого станет фактором благополучия 21 в. Элементы колониальности в экономике ДВ усугублены демографической ситуацией, а также концентрацией производства и населения при одновременном свертывании хозяйственной деятельности и инфраструктуры в относительно отдаленных материковых и островных районах и обширной пограничной полосе. Условия глобального антропогенного пресса разрушают главное богатство региона – его генофонд и воспроизводство эндемичной биологической продукции. «Китами» экономики ДВ считают добычающую промышленность, лесную промышленность и рыболовство.

Проблемы рационального природопользования обострены человеческим фактором, устранением конкретного человека от сбережения предоставленного нам природой при общих заверениях «сберечь, охранять, сохранить на вечные времена». Становятся пустошами земли там, где 1 га леса способен накапливать в год до 15–20 м<sup>3</sup> древесины – на юге Хабаровского края и Сахалинской области, в Приморье. Уникальные ландшафты остаются за семью печатями и пока не востребованы в отсутствие национальных или природных парков, не только открывающих вид на неповторимый ландшафт, но и представляющих минимум удобств и безопасность.

Заповедники, заказники, национальные парки, ботанические сады призваны сберечь на вечные времена главное богатство ДВ – его гено-

фонд: калана, морского котика, соболя, лососей; кедр, хвойно-широколиственные леса с обширной группой лекарственных растений, красивейшие береговые леса. И вряд ли это удастся сделать, если на заповедники приходится менее 2% территории. Национальных парков по-прежнему нет, в регионе площадью 3 млн км<sup>2</sup> имеется один достаточно устоявшийся, с пятидесятилетней историей ботанический сад во Владивостоке. Немного на ДВ и дендрариев, только на юге Приморского и Хабаровского краев, Амурской области и на юге-востоке Камчатки.

Защитные, пользовательские, буферные земли в зоне основных нерестилищ должны примерно соотноситься как 4:1:2 или 6:1:2, т.е. сельскохозяйственное использование территории и отвод лесов под сплошные и условно-сплошные рубки возможны только на 1/7 или 1/9 территории. А правовая основа защиты распространяется в лучшем случае на 1/4 земель. Положение ухудшилось из-за общего снижения культуры, грамотности природопользования. Поэтому совершенно неудивительно истощение лесов там, где допустимы только выборочные рубки при обеспечении сбережения подроста.

На ДВ велики возможности вовлечения минеральных ресурсов, например цеолитов, для подъема продуктивности животноводства и птицеводства: путем повышения усвояемости кормов, применения биогенных стимуляторов, использования вторичного сырья. Из добываемых на ДВ углей в год образуется примерно 12 млн т золы, из которых возможно извлечь 350 тыс. т железа, 5 т золота, другие цветные и редкие металлы, легирующие добавки, раскислители для сельскохозяйственных земель, стройматериалы. В Германии золы энергетических углей используются на 80%, во Франции – на 65%, у нас – на 13%.

Биологическое разнообразие региона уникально как раз в пределах флористических провинций и не может быть сохранено защитными мерами только на юге Приморья и юге Сахалинской области. На Джугджуре, берегах Западного Прихотья, Чукотском полуострове, а отчасти и на Камчатке тоже свой неповторимый, в определенной степени эндемичный генофонд. Этот генофонд однажды будет востребован как экономикой и селекцией на местах, так и в других, весьма удаленных районах с климатическими аналогиями – в Северной Америке и Северной Европе.

Сбережение экосистем и видов – проблема не только южной, более теплой зоны ДВ, где в холодные периоды прошлого не было вечномерзлых грунтов, а разнообразие локальных флор сосудистых растений даже превышало 1000 видов. Просто на юге ДВ сбережение разнообразия видов требует многих мероприятий, их сложной системы в связи с целой серией проблем защиты многообразных ценозов в непростой ситуации динамичного климата, природных и антропогенных смен ландшафта и разветвленного природопользования.

Уникальность и географическое положение региона позволяют надеяться, что в будущем он станет центром туризма, сопоставимым с

Швейцарией или Испанией. Но для этого нужны стабильность и обустроенность.

## **Тема 19. Состояние водных экосистем прибрежных вод Приморья**

**1. Прибрежно-морские экосистемы.** Приморье включает северную треть Японского моря. Эта акватория полностью входит в тихоокеанскую субарктическую климато-океанологическую зону. Приморская часть отгорожена от материковой хребтами Сихотэ-Алиня и находится под сильным влиянием моря. Природные особенности морских побережий обусловлены взаимодействием морских и наземных экосистем, в приморской части исторически сложился неразрывный, взаимосвязанный комплекс моря и суши.

В Японском море и на его побережьях, лагунах, заливах сосредоточено огромное количество биологических ресурсов. К ценнейшим представителям ихтиофауны относятся лососевые рыбы (кета, горбуша, си-ма, нерка и др.), минтай, сельдь, сайра, анчоус, сардина, палтус и другие обитатели моря: кальмары, морские ежи, трепанги, а также разные морские водоросли, важнейшая из них – ламинария.

В прибрежной акватории концентрируются зимующие и мигрирующие птицы – одна из массовых групп морских животных, играющих хотя и не очень большую, но все же заметную роль в функционировании морских экосистем как потребители планктона, бентоса и нектона. Птицы являются индикаторами различных океанологических и гидробиологических особенностей ландшафтов и состояния экосистем в целом.

На прибрежных скалах, островах располагаются птичьи колонии топорков, кайры, канюги, ипатов, моевок, чаек, поморников. Для побережий типичны бакланы, орланы, плавунчики, качуры, казарки, глупыши, бургомистры, залетают из южных широт альбатросы, буревестники. В дальневосточных морях наблюдается высокая численность гнездящихся птиц, что свидетельствует о благоприятности этого региона для их обитания.

Муссонный климат, богатство флоры способствуют высокой концентрации и разнообразию животного мира на побережьях моря. Так скальные склоны являются основным местом обитания редкого эндемика Приморья – амурского горала, снежного барана. Побережья – крупные угодья дикого пятнистого оленя. Повышенная концентрация копытных определяет высокую плотность хищников, в первую очередь, амурского тигра.

**2. Проблема истощения биоресурсов.** Отмеченные изменения в ихтиоценозах Японского моря являются отражением современных экосистемных перестроек, вызванных глобальными изменениями климато-океанологического режима, космогеофизических факторов и усиления рыбного промысла частными компаниями и особенно иностранными.

В последнее время происходит интенсивный процесс, а зачастую хищническое уничтожение прибрежной акватории моря. Запредельное загрязнение всевозможными веществами существует в бухте Золотой Рог. Так, только загрязнение ксилолом превышает в 10 раз ПДК.

Быстро развиваются базы марикультуры в морских бухтах, одновременно ведется промысел наземных животных птиц. Нарушается естественное соотношение численности популяций и вещественно-энергетические связи между экосистемами суши и моря. Например, выявлено, что из 56 видов, входящих в состав гнездовой авиафауны Командор, у 19 (33,9%) наблюдается сокращение численности и ареала на островах (причем, в ряде случаев до полного исчезновения). Особенно страдают охотничье-промысловые объекты, наблюдается тенденция смены аборигенных видов (баклана, казарки, орлана) обычными и широко распространенными, т.е. происходит тривиализация фауны, ведущая к безвозвратной потере ее уникальности. Мощное воздействие на состояние гнездящихся птиц оказывают их непосредственное уничтожение, а также влияние интродуцированных млекопитающих (особенно американской норки, красной полевки) и фактор беспокойства.

С отменой пограничного режима маломерный флот непрерывно курсирует вдоль береговых границ. Побережье легко доступно нарушителям с моря. Браконьерство с моря – самый распространенный и быстро прогрессирующий вид преступлений. Здесь систематически отстреливается горал, олень, медведь, снежный барс, птицы, стаями отлавливается рыба, происходит сбор дикоросов, выжигается лес. Во многих районах ширится зона туризма. В результате сукцессий, обусловленных рекреационными воздействиями, на месте флористически богатых и высокопродуктивных растительных сообществ образуются флористически бедные непродуктивные группировки. Морские побережья благоприятствуют поселению и расселению многих заносных видов. Имеется реальная угроза проникновения натурализовавшихся чужеземных видов на территории заповедников.

В 1978 г. в заливе Петра Великого Японского моря был организован единственный в нашей стране морской государственный заповедник (ДВГМЗ). В нем осуществляется охрана природы и просветительская природоохранная работа, а также осуществляется инвентаризация биоты и проводится мониторинг. В связи с этим разработан проект создания сети заповедников в прибрежьях Японского моря.

В соответствии с этим проектом к Сихотэ-Алинскому биосферному заповеднику уже прирезаны прибрежные акватории. В заливе Восток, около г. Находка, создан марикультурный заказник. В ряде прибрежных районов Японского и Охотского морей проведены морские экспедиции. Они позволяют дать рекомендации о прирезке морских участков к существующим наземным заповедникам и организации новых заповедников. Кроме

того, обсуждаются предложения о создании ряда национальных или морских парков – в заливе Петра Великого, заливе Посьета, на Чукотке, и Камчатке (последние совместно с американцами).

**3. Состояние уникальных экосистемы пресных водоемов Приморья.** Водно-болотные угодья оз. Ханка – уникальный единственный резерват на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока, природный комплекс, находящийся под защитой международной конвенции (Рамарская конвенция, 1971), основу его составляют болота (вейниково-осоковые, осоковые, крупнотравные), луговые растительные сообщества и обширные плавни на восточном побережье. По уникальности растительного и животного мира оз. Ханка и его окрестности не имеют аналогов во всем Дальневосточном регионе.

Животный мир здесь представлен сочетанием лесных, лесостепных, лугово-степных, лугово-болотных и пресноводных представителей. В отрогах горного обрамления Приханкайской равнины и ее предгорьях еще встречаются разнообразные млекопитающие и пернатые, проникающие до берегов оз. Ханка. Среди копытных чаще всего встречаются косуля, изредка изюбр, заходит кабан, много хищников: лисица, колонок, енотовидная собака, барсук, рысь, бурый медведь и др.

Основную ценность составляют сообщества птиц. В России нет другого, сопоставимого по размерам участка, где бы обитало столь высокое число птиц, включенных в Красную книгу МСОП и России.

В предгорьях и лесных долинах в начале лета слышны голоса иволги, кукушки, дикого голубя, древесной трясогузки, сорокопуга, голубой сороки, вороны, синего и сибирского соловья, пестрого дятла, поползня сойки и многих других. На лесных полянах и на сельскохозяйственных угодьях широко распространены фазан, перепел, жаворонок и др.

Весной и осенью мир пернатых обогащается перелетом водоплавающих – уток, гусей, куликов, журавлей, цапель. Часть из них остается на лето в благоприятных для них местообитаниях – ерниках низовий рек, озерных плавнях, заболоченных лугах.

Из 287 видов птиц, охраняемых Российско-Японской (1973) и Российско-Корейской (1987) конвенциями, на Ханке обитает 225 видов. Тем не менее в настоящее время в бассейне оз. Ханка в результате многолетнего осушения болот и широкомасштабного загрязнения среды, в том числе высокотоксичными пестицидами, сложилась предкризисная экологическая ситуация. К настоящему времени водно-болотные угодья лишились 7 видов птиц, в том числе 3, включенных в Красную книгу России, 4 особо редких вида (дальневосточный аист, колпица, сухонос и даурский журавль) находятся на грани исчезновения. Почти на порядок сократилось общее число водоплавающих птиц.

Также достаточно богата ихтиофауна оз. Ханка. Ее представляют сазан, карась, верхогляд, красноперка, белый амур, толстолобик чубарь,

конек, сом, касатка, щука и другие. До недавнего времени ловили амурского осетра и калугу. Обитают здесь и тропические виды рыб – змееголов, китайский окунь – ауха, очень много частиковых рыб, ими питаются ондатра, выдра. К настоящему времени в силу неблагоприятной экологической обстановки и усиленного браконьерства резко сократилась рыбопродуктивность озера. Кроме перечисленных ценнейших биоресурсов на просторах равнины, примыкающей к оз. Ханка, обитает множество всевозможных других представителей животного мира – бурундуки, хомяки, зайцы, бурозубки, ежи, мышевки, многочисленные насекомые, летучие мыши, земноводные, произрастают многие древние эндемичные гидрофиты – лотос, эвриала, кабомба и другие.

К настоящему времени на одну треть часть уничтожены ханкайские плавни, исчезла роща сосны могильной на острове Сосновый, на грани исчезновения находятся дальневосточная черепаха, ряд видов моллюсков.

Надежда на сохранность природы уникального бассейна возлагается на созданный в 1990 г. Государственный Ханкайский заповедник площадью 35,5 тыс. га.

## **Тема 20. Экологические проблемы г. Владивостока**

Деятельность человека, его неразумное вторжение в гармонию природы приводят не только к исчезновению целых экосистем, но и к обеднению остающихся. Происходящее в настоящее время в широких масштабах обеднение и упрощение многих экосистем лишает их той исторически выработанной оптимальной степени многообразия форм жизни, которая необходима для их нормального функционирования и стабильности.

Становится ясно, что человек не имеет права считать себя только хозяином, властелином природы, что его отношения со средой обитания – биосферой Земли – должны строиться на строго научной основе.

**1. Общая характеристика природной среды.** Городские земли Владивостока размещаются на полуостровах и островах на 43<sup>0</sup> с.ш., где не только встречаются Тихий океан и материк Евразии, но и сближаются ландшафтные зоны хвойно-гаежных лесов Севера и зимнеголых лесов Южной Маньчжурии, Японии и Кореи. Город омывается прекрасными бухтами и заливами Японского моря. По агроклиматическому районированию зона города относится к теплому, влажному с очень холодной зимой району. Как на территории города, так и в его окрестностях распространены сообщества хвойно-широколиственных лесов. По данным Тихоокеанского института географии ДВО РАН, растительный покров п-ва Муравьева-Амурского является эталоном для южной части Приморья. По богатству растительности лесные массивы этого п-ва, а также Песчаного и острова Русский заслуживают присвоения им статуса природного национального парка.

Владивосток удобен как узловой пункт для рекреации и экологического туризма, как ключ ко всему рекреационному богатству русского Дальнего Востока с его вулканами, водопадами, высокогорьями, нерестовыми реками, девственными лесами и грандиозным Амуром, БАМом, Трансибом.

**2. Индикаторы антропогенного загрязнения.** На лесной территории города, на площади менее 300 кв. км, насчитывается почти 1000 естественно произрастающих видов, среди них множество декоративных, лекарственных, реликтовых, эндемичных, редких, краснокнижных и т. п. В настоящее время весьма высока рекреационная нагрузка на эти леса: они истощаются, болеют, обречены на гибель, так как теряют способность к самовосстановлению. Изучена избирательная способность деревьев и кустарников в накоплении ими отдельных техногенных элементов. В листьях черемухи Маака зафиксированы максимальные концентрации Рв, березы – Zn, клена мелколистного – Co. Высокие аккумулярующие способности к тяжелым металлам отмечены также у тополя корейского (Cd, Cu, Co), осины (Cd, Zn), ильма низкого (Zn), лиственницы (Рв) и др. Наилучший сорбционный эффект к комплексу загрязнителей отмечен у черемухи Маака, тополя корейского, осины, ильма низкого, кленов мелколистного и приречного. Эти растения рекомендуются для оптимизации нарушенных экосистем с близким характером техногенеза.

**3. Степень и виды загрязнения среды.** Одной из экологических проблем Владивостока является увеличение концентрации и загрязнения воздуха, почв, водоемов отходами промышленных предприятий, выбросами транспортных средств и сточными водами.

Так по наблюдениям Г.В. Свинухова и др. (ДВГУ) в г. Владивостоке концентрация загрязняющими взвешенными веществами воздуха превышала предельно допустимые нормы (ПДК) в 2–2,5 раза. Наибольшее превышение ПДК, в 13 раз, наблюдается в долине Первой Речки. По ул. Светланской в районе стадиона «Авангард» очаг загрязнения около 10 ПДК, в центральной части города концентрация более 7 ПДК. Уровень загрязнения сернистым ангидридом и двуокисью азота превышает ПДК по всей территории города. Наибольшая суммарная концентрация, превышающая в 6–7 раз санитарные нормы, создается в районе ул. Сахалинской. Загрязнение воздуха окисью углерода превышает допустимые нормы в Первомайском районе и центральной части города в 2–5 раз, в долине Первой Речки в 2 раза. По группе суммаций пыли цемента с окисью углерода превышение санитарных норм в 2–5 раза наблюдается в Первомайском р-не от м. Чуркина до б. Диомид и в б. Улисс.

Запредельное загрязнение всевозможными веществами существует в бухте Золотой Рог. Так, только загрязнение ксилолом превышает в 10 раз ПДК.

В настоящее время резко усилилось загрязнение окружающей среды в городе выхлопными газами автотранспорта, не разработана удов-

летворительная технология очистки отходящих от предприятий газов от окислов азота и серы, в частности в выбросах котельных.

Промышленные выбросы, отсутствие очистных сооружений во Владивостоке оказывают негативное влияние на все сопредельные территории. В наибольшей степени пострадали Амурский и Уссурийский заливы, нарушено биологическое равновесие этих водоемов, они оказались не способными к самовосстановлению их первичных биоценозов, возникли зоны экологического кризиса. В других городах Дальнего Востока экологическая ситуация похожа, но наибольшая напряженность наблюдается в г. Уссурийске.

**4. Последствия загрязнения среды и принятие мер оздоровления.** Усиливающееся в последнее время загрязнение окружающей среды оказывает многообразное и глубокое негативное воздействие на здоровье человека. В одних случаях это воздействие проявляется быстро, ухудшая самочувствие и повышая заболеваемость. Не менее опасны и отдаленные последствия загрязнения, в результате которых через несколько лет возникают онкологические заболевания, либо рождается потомство, пораженное наследственными заболеваниями, либо рождается в потомстве под влиянием тех или иных мутагенов поврежденный наследственного аппарата. В настоящее время назрела острая необходимость строгого контроля и регулирования промышленных выбросов, загрязнения воздуха, очистки сточных вод.

Власти всех уровней стали все больше задумываться над экологическими проблемами. В январе 2001 года состоялся Всероссийский форум экологов, где были определены подходы к важнейшим направлениям работы по охране окружающей среды и устойчивого развития страны.

Российское представительство Всемирного фонда дикой природы выделяет 600 тыс. долларов на экологическую программу Дальнего Востока, отражающую два направления: экономика природопользования и устойчивого развития региона. В 2000 г. во Владивостоке состоялось совещание по сохранению биоразнообразия экосистем Дальнего Востока. Выделяются на конкурсной основе гранты ученым, стипендии аспирантам, ведущим научную работу в этом направлении. Например, одной из тем является «Сохранение дальневосточного аиста, обитающего в бассейне р.Уссури». В Японии в 60-х годах этот аист еще был, но сейчас исчез. В настоящее время там организован центр по его восстановлению, пытаются содержать в неволе – пока неудачно. Из России в 1989 г. были доставлены в Японию 6 особей. Сейчас там 74 особи. Японская популяция не мигрирующая. Подобная участь может постигнуть и другие исчезающие виды как животных, так и растений, в том числе обитающих в окрестностях г. Владивостока.

Сохранение или восстановление природного биоконтекста необходимо для предотвращения кризиса природной среды города, для очи-

щения воздушного бассейна, фильтрации стоков, повышения эстетичности садово-парковых и городских ландшафтов.

Для пригородных лесов необходимо срочное введение щадящего регулируемого режима эксплуатации, который вполне может быть определен через создание здесь национального парка (ВПНК). Поскольку для его создания потребуются значительные капитальные вложения, есть предложение ВПНК организовать как коммерческое учреждение на базе создания Ассоциации заинтересованных участников. Это позволит сосредоточить организацию и управление всей системой природного отдыха жителей и гостей Владивостока в одном специализированном центре, который будет комплексно решать экологические проблемы в прилегающем к городу районе. Создание национального парка входит в противоречие с расширением строительства в районах Седанки, Спутника и на побережье Уссурийского залива.

В настоящее время прорабатываются проекты по очистке Амурского залива, по восстановлению почв, по альтернативной рубке лесов, по охране бухты Горностаев. Планируется ликвидация городской мусоросвалки. Идет проработка новой свалки, она должна быть закрытой. Устанавливается второй котел на мусоросжигающем заводе, планируется утилизация отслуживших машин.

Предполагается организация мониторинга по очищению воздуха, увеличение как количества посадок деревьев и кустарников, так и их разнообразия, в том числе разведение экзотических представителей. К примеру японцы собираются привезти во Владивосток и посадить в центре города 200 кустов сакуры.

Перевод ТЭЦ-2 на газовое топливо улучшит состояние воздушной среды на бухте Тихой и на ул. Баляева.

Для решения самых насущных прикладных задач нашей жизни необходимо экологическое мышление, его надо воспитывать в широких массах населения, особенно подрастающего поколения. Кое-что в этом направлении делается во Владивостоке помимо изучения экологического раздела в школьном курсе биологии. В городе создан экоцентр, представители его встречаются с туристами, организуют конкурсы, фестивали школьников по экологической тематике. Так, проводился конкурс на лучшую школу, детский сад по чистоте, по озеленению. Были представлены разные программы, наиболее квалифицированной оказалась программа средней школы № 45. К сожалению, откликнулись немногие учебные заведения. На о-ве Русский работает школьный «Зеленый патруль», его участники убирают территории от мусора, раздают мешки для мусора туристам, потом их собирают, занимаются посадкой деревьев и кустарников, изучают дикорастущие, целебные растения. На местном радио действует программа «Среда обитания», проводится конкурс среди учащихся «Сохраним живую планету для наших детей». Результаты этих мероприятий пока еще очень скромны. Экологическое

мышление еще не проникло во все отрасли народного хозяйства, оно еще не стало непременной частью мышления молодого поколения.

## **Тема 21. Глобальные проблемы экологии**

Взаимодействие общества и природы – узловая проблема политического и социально-экономического развития общества. Расширяя и усиливая антропогенное и техногенное давление на природу, общество сталкивается с многократно воспроизведенным «эффектом бумеранга»: разрушение природы оборачивается экономическим ущербом и социальным уроном. Процессы экологической деградации приобретают характер глубокого экологического кризиса. Вопрос о сохранении природы превращается в вопрос выживания человечества. И нет в мире политической системы, которая сама по себе гарантировала бы экологическое благосостояние страны.

Многие экологические проблемы взаимоотношений в системе «общество–природа» сейчас перешагнули рамки национальных хозяйств и приобрели глобальное измерение. В скором времени на первом плане во всем мире окажутся не идеологические, а экологические проблемы, доминировать будут не отношения между нациями, а отношения между нациями и природой.

Единственный путь выживания – максимализация стратегии бережливости в отношении с окружающим миром. В этом процессе должны участвовать все члены мирового сообщества.

**1. Глобальные проблемы человечества.** Факторами, способствующими появлению и обострению глобальных проблем, явились:

- резкое увеличение расходования природных ресурсов;
- отрицательное антропогенное воздействие на природную среду, ухудшение экологических условий жизни людей;
- усиление неравномерности в уровнях социально-экономического развития, между промышленно развитыми и развивающимися странами;
- создание оружия массового уничтожения.

Отметим признаки, присущие глобальным проблемам:

- глобальные проблемы проявления;
- острота проявления;
- комплексный характер;
- общечеловеческая сущность;
- особенность предопределять ход дальнейшей истории человечества;
- возможность их решения усилиями всего мирового сообщества.

Уже сейчас существует угроза необратимых изменений экологических свойств геосреды, угроза нарушения формирующейся целостности мирового сообщества и угроза самоуничтожения цивилизации.

Сейчас человек стоит перед решением двух важнейших проблем: предотвращения ядерной войны и экологической катастрофы. Сопоставление не случайно: антропогенное давление на природную среду грозит тем же, что и применение атомного оружия, – уничтожением жизни на Земле.

Особенность нашего времени является интенсивное и глобальное воздействие человека на окружающую среду, что сопровождается интенсивными и глобальными негативными последствиями. Противоречия между человеком и природой способны обостряться из-за того, что не существует предела росту материальных потребностей человека, в то время как способность природной среды удовлетворять их – ограничена. Противоречия в системе «человек – общество – природа» приобрели планетарный характер.

Выделяют два аспекта экологической проблемы:

– экологические кризисы, возникающие как следствие природных процессов;

– кризисы, вызываемые антропогенным воздействием и нерациональным природопользованием.

Основной проблемой является невозможность планеты справиться с отходами человеческой деятельности, с функцией самоочищения и ремонта. Разрушается биосфера. Поэтому велик риск самоуничтожения человечества в результате собственной жизнедеятельности.

Природа испытывает влияние по следующим направлениям:

– использование компонентов окружающей среды в качестве ресурсной базы производства;

– воздействие производственной деятельности людей на окружающую среду;

– демографическое давление на природу (сельскохозяйственное использование земель, рост населения, рост крупных городов).

Здесь переплетаются воедино многие глобальные проблемы человечества – ресурсная, продовольственная, демографическая – все они имеют выход на экологическую проблематику.

Современная ситуация на планете характеризуется резким ухудшением качества окружающей среды – загрязнение воздуха, рек, озер, морей, объединением и даже полным исчезновением многих видов животного и растительного мира, деградацией почв, опустыниванием и др. Этот конфликт создает угрозу появления необратимых изменений в природных системах, подрыва естественных условий и ресурсов существования поколений жителей планеты. Рост производственных сил общества, рост населения, урбанизация, научно-технический прогресс являются катализаторами этих процессов.

Истощение озонового слоя представляет гораздо более опасную реальность для всего живого на Земле, чем падение какого-нибудь сверх-

крупного метеорита. Озон не допускает опасное космическое излучение до поверхности Земли. Если бы не озон, эти лучи разрушили бы все живое. Исследования причин истощения озонового слоя планеты не дали пока окончательных ответов на все вопросы. Наблюдения с искусственных спутников показали сокращение уровня озона. С ростом интенсивности ультрафиолетовой радиации ученые связывают увеличение заболеваемости глаз и онкологических болезней, возникновение мутаций. Под ударом оказался человек, мировой океан, климат, животный и растительный мир.

Острота социально-экологической ситуации в развивающихся странах привела к появлению феномена «третьего мира». Он характеризуется:

- природным своеобразием тропического пояса;
- традиционной ориентацией развития, которая объективно ведет к усилению давления на биосферу (быстрый рост населения, традиционное сельское хозяйство и др.);
- взаимосвязью и взаимозависимостью различных регионов мира (перенос загрязнений);
- слабой развитостью этих стран, зависимостью от бывших метрополий.

Если для промышленно развитых стран экологические проблемы имеют «индустриальный характер», то для развивающихся – с переиспользованием естественных ресурсов (лесов, почв и др. природных богатств). Иными словами, если развитые страны страдают от своего «богатства», то развивающиеся – от «бедности».

Небывальными темпами уничтожаются влажные тропические леса, а именно эти леса часто называют «легкими Планеты». Среди основных причин сведения лесных массивов в развивающихся странах можно выделить следующие: традиционно подсечная система земледелия, использование древесины в качестве топлива, вырубка на экспорт. Влажные тропические леса вырубаются в десять раз быстрее, чем происходит их естественное восстановление. Катастрофическое сокращение лесов в юго-восточной Азии может привести к их полному уничтожению через 15–20 лет.

В связи с очень важным значением влажно-тропических лесов их сведение является важным экономическим бедствием для всей планеты.

Сейчас процесс опустынивания, зарождаясь локально, принял глобальные масштабы.

Со времени возникновения технической цивилизации на Земле сведено около 1/3 площади лесов, пустыни резко ускорили свое наступление на зеленые зоны. Так, пустыня Сахара продвигается к югу со скоростью около 50 км в год. По климатическим данным, пустыни и полупустыни занимают более трети поверхности суши и на этой территории

проживают свыше 15% населения мира. Только в результате хозяйственной деятельности людей за последние 25 лет появилось свыше 9 миллионов квадратных километров пустынь.

К основным причинам опустынивания можно отнести уничтожение скудной растительности из-за чрезмерного выпаса скота, распашку пастбищных массивов, вырубку деревьев и кустарников на топливо, промышленное и дорожное строительство и др. Добавляется к этим процессам ветровая эрозия, иссушение верхних горизонтов почвы, засухи.

**2. Демографическая проблема.** Демографическое развитие – не только рост населения, оно включает в себя вопросы природопользования, роста численности населения относительно территорий ее природно-ресурсной основы.

Население нашей планеты составляет более 6,2 млрд человек и растет очень быстро. За ближайшие 10 лет население Земли увеличится еще на один млрд жителей. Более половины населения земного шара концентрируется в Азии – 60%. Свыше 90% общего прироста населения приходится на менее развитые регионы и страны и на перспективу эти страны сохраняют высокие темпы прироста.

В наше время последствия прироста населения приобрели такую актуальность, что получили статус глобальной проблемы. Именно народонаселение рассматривается многими как один из факторов, угрожающих самому выживанию цивилизации, т.к. с учетом роста потребления ресурсов природы, технической и энергетической оснащенности давление населения на территорию будет непрерывно возрастать.

При этом надо иметь в виду, что социально-демографическая ситуация в развитом и развивающемся мире носит диаметрально противоположный характер.

Всего лишь 5% прироста мирового населения приходится на экономически развитые страны, большинство из которых находится в северном полушарии. Этот прирост происходит благодаря снижению уровня смертности и увеличению ожидаемой продолжительности жизни.

Не менее 95% прироста мирового населения в ближайшие годы придется на развивающиеся страны Азии, Африки, Латинской Америки. Динамичный рост населения этих стран – одна из важнейших социально-экономических проблем общемирового значения. Он получил громкое название «демографический взрыв» и удачно подчеркивает суть процесса воспроизводства населения в этих странах – выход его из-под контроля общества.

«Демографическое давление» осложняет не только продовольственную или экологическую ситуацию, но и оказывает негативное воздействие на процесс развития. Например, быстрый рост народонаселения не позволяет стабилизировать проблему безработицы, затрудняет решение проблем образования, здравоохранения и др. Иными словами, любая социально-экономическая проблема включает в себя и демографическую.

Современный мир становится все более урбанизированным. В недалеком будущем в городах будет проживать более 50% человечества.

А так как сейчас наблюдается тенденция к росту населения на всем земном шаре и урбанизация, то можно говорить об экологической проблеме городов, главным образом наиболее крупных из них, связанной с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий, с образованием антропогенных ландшафтов, очень далеких от состояния экологического равновесия.

Урбанизация органично связана с большинством глобальных проблем. Города в силу особенно высокой территориальной концентрации в них населения и экономики сосредоточили и основную часть военно-экономического потенциала.

Города являются крупнейшими центрами потребления всех природных ресурсов, что связано с глобальной проблемой ресурсопотребления.

Существенной особенностью крупных городов с населением более 500 тыс. человек является то, что с увеличением территории города и численности его жителей в них неуклонно возрастает дифференциация концентраций загрязнения в различных районах. Наряду с невысокими уровнями концентрации загрязнения в периферийных районах, она резко увеличивается в зонах крупных промышленных предприятий и, в особенности центральных районах.

Над крупными городами атмосфера содержит в 10 раз больше аэрозолей и в 25 раз больше газов. При этом 60–70% газового загрязнения дает автомобильный транспорт. При малой подвижности воздуха тепловые аномалии над городом охватывают слои атмосферы в 250–400 м, а контрасты температуры могут достигать 5–6°C. С ними связаны температурные инверсии, приходящие к повышенному загрязнению, туманам и смогу.

Города потребляют в 10 и более раз больше воды в расчете на 1 человека, чем сельские районы, а загрязнение водоемов достигает катастрофических размеров. Объемы сточных вод достигают 1–2 м в сутки на одного человека. Поэтому практически все крупные города испытывают дефицит водных ресурсов и многие из них получают воду из удаленных источников.

Растительный покров городов обычно практически полностью представлен «культурными насаждениями» – парками, скверами, газонами, цветниками, аллеями. Развитие зеленых насаждений городов протекает в искусственных условиях, постоянно поддерживается человеком. Многолетние растения в городах развиваются в условиях сильного угнетения.

К тому же непрерывное разрастание городов приводит к поглощению земельных угодий, особенно в развивающихся странах.

**3. Энерго-сырьевая проблема.** Быстрый рост промышленности, сопровождающийся глобальным загрязнением природной среды, небывало остро поставил проблему сырьевых ресурсов. Сейчас человек в своей хозяйственной деятельности освоил почти все доступные и известные ему виды ресурсов как возобновляемых, так и невозобновляемых.

Изменения биосферы в результате человеческой деятельности стремительны. За XX век из недр извлечено полезных ископаемых больше, чем за всю историю цивилизации.

До начала XX века основным энергоресурсом была древесина, затем уголь. Ему на смену пришли добыча и потребление иных видов топлива – нефти и газа. Эра нефти дала толчок интенсивному развитию экономики, что потребовало, в свою очередь, увеличения производства и потребления ископаемого топлива. Каждые 13 лет потребности в энергии удваивались. Общемировые запасы условного топлива слагаются, в первую очередь, из запасов угля (60%), нефти и газа (27%). В совокупном мировом производстве иная картина – на уголь приходится более 30%, а на нефть и газ – более 67%. Если следовать прогнозам оптимисты, то мировых запасов нефти должно хватить на 2–3 столетия. Пессимисты же считают, что имеющиеся запасы нефти могут обеспечить потребности цивилизации лишь несколько десятков лет.

В настоящее время рост энергоёмкости и материалоемкости современного производства значительно опережает рост численности населения. Потребление энергии растет в 3 раза, добыча минеральных ресурсов – в 2 раза быстрее, чем население. Горнодобывающая промышленность выдает в год более 40 т продукции в расчете на одного жителя Земли. При добыче угля ежегодно на поверхность поднимают около 1 млрд м<sup>2</sup> пустой породы. Строят из нее бесполезные пирамиды – терриконы. При этом впустую растрачиваются тысячи гектаров плодородных земель. Загрязняется атмосфера, терриконы горят, ветер поднимает с их бесплодных склонов тучи пыли.

По мере технического прогресса все больший удельный вес приобретают первичные источники электроэнергии, получаемые с гидро- и геотермальных электростанций. В последние годы появились сомнения в целесообразности дальнейшего развития атомной энергетики.

Использование энергетических ресурсов – один из показателей уровня развития цивилизации. Потребление энергии развитыми государствами значительно превосходит соответствующие показатели стран развивающегося мира. Только 10 ведущих промышленных стран потребляют 70% общего количества вырабатываемой в мире энергии. В расчете на единицу конечной продукции Россия сейчас тратит в три раза больше энергии, чем Япония и ФРГ, и в два раза больше, чем США. Очевидно, что для такого природоёмкого роста в России просто не хватит топливных ресурсов. Таким образом, важнейшая причина

ухудшения экологической ситуации в России – неэффективная, природоёмкая структура экономики.

Основными направлениями экономики энергоресурсов являются: совершенствование технологических процессов, совершенствование оборудования, снижение прямых потерь топливно-энергетических процессов, совершенствование оборудования, снижение прямых потерь топливно-энергетических ресурсов, структурные изменения в технологии производства, структурные изменения в производимой продукции, улучшение качества топлива и энергии, организационно-технические мероприятия. Проведение этих мероприятий вызывается не только необходимостью экономии энергетических ресурсов, но и важностью учета вопросов охраны окружающей среды при решении энергетических проблем. Большое значение имеет замена ископаемого топлива другими источниками (солнечной энергией, энергией волн, прилива, земли, ветров). Эти источники энергетических ресурсов являются экологически чистыми. Заменяя ими ископаемое топливо, мы снижаем вредное воздействие на природу и экономим органические энергоресурсы.

Важнейшим направлением экономических реформ в России, перехода на устойчивый тип развития является эколого-ориентированная структурная перестройка, позволяющая осуществить эффективное ресурсосбережение.

Благодаря энергетическому кризису произошел переход мировой экономики с экстенсивного пути развития на интенсивный, сократилось энерго- и сырьёмкость мирового хозяйства, а обеспеченность его топливными и минеральными ресурсами (благодаря разработке новых месторождений) даже стала возрастать.

Ресурсообеспеченность – это соотношение между величиной запасов природных ресурсов и размером их использования. Уровень ресурсообеспечения определяется потенциалом собственной ресурсной базы страны, а также иными фактами, например, политическими и военно-стратегическими соображениями, международным разделением труда и др.

**4. Земельные ресурсы,** почвенный покров – это основа всей живой природы. Лишь 30% земельного фонда мира – сельскохозяйственные угодья, используемые человечеством для производства продуктов питания, остальная территория – горы, пустыни, ледники, болота, леса и т.д.

На протяжении всей истории цивилизации рост населения сопровождался расширением площади обрабатываемых земель. За истекшие 100 лет было расчищено больше земельных площадей для оседлого земледелия, чем за все предыдущие века.

Сейчас в мире практически не осталось земли для сельскохозяйственного освоения, лишь леса и экстремальные территории. К тому же во многих странах мира земельные ресурсы быстро уменьшаются (рост городов, промышленности и т.д.).

Ежегодно только вследствие эрозии из сельскохозяйственного оборота выпадает 7 млн га земель, а из-за заболачивания – засоления, выщелачивания – еще 1,5 млн га. И хотя эрозия – это естественный геологический процесс, в последние годы он явно усиливается, часто по причине неосмотрительной хозяйственной деятельности человека.

Сокращение земельных ресурсов в развивающихся странах, вызванное природными, социально-экономическими факторами, лежит в основе политических и этнических конфликтов. Деграция земель представляет собой серьезную проблему. Борьба с сокращением земельных ресурсов – важнейшая задача человечества.

Из всех видов ресурсов на первом месте по росту потребностей на него и по увеличению дефицита стоит пресная вода. 71% всей поверхности планеты занято водой, однако пресная вода составляет лишь 2% общего количества, и почти 80% пресной воды находятся в ледовом покрове Земли. Около 60% общей площади суши приходится на зоны, в которых нет достаточного количества пресной воды. Четвертая часть человечества ощущает ее недостаток, а еще свыше 500 млн жителей страдают от недостатка и плохого качества.

Промышленное значение воды очень велико, так как практически все производственные процессы требуют большого ее количества. Основная масса воды в промышленности используется для получения энергии и охлаждения.

В целом на хозяйственно-бытовые нужды изымается 10% речного стока планеты. Из них 5,6% расходуются безвозвратно. Если безвозвратный забор воды будет и дальше увеличиваться в том же темпе, что и теперь (4–5% ежегодно), то человечество может исчерпать все запасы пресных вод в геосфере. Положение осложняется тем, что большое количество природных вод загрязняется промышленно-бытовыми отходами. Все это, в конечном счете, попадает в океан, который и без того подвергается сильному загрязнению.

**5. Вода** является обязательным условием существования всех живых организмов на Земле.

Ресурсный потенциал океана может восполнить истощающиеся запасы.

Так какими же ресурсами обладает Мировой океан?

- Биологические ресурсы (рыба, зоо- и фитопланктон);
- Огромные ресурсы минерального сырья;
- Энергетический потенциал (один приливной цикл Мирового океана способен обеспечить человечество энергией – однако пока это «потенциал будущего»);
- Для развития мирового производства и обмена велико транспортное значение Мирового океана;
- Океан является мусоросточником большинства отходов хозяйственной деятельности человечества (химическим и физическим воздействи-

ем своих вод и биологическим влиянием живых организмов океан рассеивает и очищает основную часть поступающих в него отходов, сохраняя относительное равновесие экосистем земли).

Океан – основной резервуар ценнейшего и все более дефицитного ресурса – воды (получение которой путем опреснения увеличивается каждый год). Ученые считают, что биологических ресурсов океана хватит, чтобы прокормить 30 млрд человек.

Из биологических ресурсов океана в настоящее время используется прежде всего рыба. Однако с 70-х годов прирост улова падает. В связи с этим человечество всерьез задумается о том, что биологические ресурсы океана в результате их чрезмерной эксплуатации находятся под угрозой.

К основным причинам оскудения биологических ресурсов можно отнести: нерациональное ведение мирового рыбного хозяйства, загрязнения вод океана.

Кроме биологических ресурсов, Мировой океан обладает огромными минеральными ресурсами. В морской воде представлены почти все элементы таблицы Менделеева. Недра океана, его дно богаты железом, марганцем, никелем, кобальтом. В настоящее время развивается шельфовая добыча нефти и газа, причем доля морской добычи приближается к 1/3 объема мировой добычи этих энергоносителей.

Однако наряду с эксплуатацией богатых природных ресурсов Мирового океана растет и загрязнение, особенно с перевозкой нефти. 90% отходов, ежегодно сбрасываемых в моря, остаются в прибрежных районах, где они наносят ущерб рыболовству, отдыху и т.д. Катастрофических размеров достигло загрязнение океана нефтепродуктами, ядохимикатами, синтетическими моющими средствами, нерастворимыми пластиками. Сейчас в океан попадает около 30 млн т нефтепродуктов в год. Нефтяной пленкой покрыто около 1/5 площади океана.

Ограниченность, неравномерное распределение ресурсов пресных вод и растущее загрязнение вод являются одной из составляющих глобальной ресурсной проблемой человечества.

В перспективе тревожно обстоит дело и с другим природным ресурсом, считавшимся раньше неисчерпаемым, – кислородом атмосферы. При сжигании продуктов фотосинтеза прошлых эпох – горючих ископаемых, происходит связывание свободного кислорода в соединения. Задолго до исчерпания запасов горючих ископаемых люди должны прекратить их сжигание, чтобы не задохнуться самим и не уничтожить все живое.

Демографический взрыв и научно-техническая революция привели к колоссальному увеличению потребления природных ресурсов. При таких темпах потребления стало очевидным исчерпание многих природных ресурсов в ближайшее время. Одновременно отходы гигантских производств стали всё больше загрязнять окружающую природную среду, разрушая здоровье населения.

Опасность экологического – ресурсного кризиса с научно-технической революцией не случайна. Научно-техническая революция создает условия снятия технических ограничений развития производства исключительно острую форму приняло новое противоречие – между внутренне безграничными возможностями развития производства и естественно ограниченными возможностями природной среды.

**6. Продовольственная проблема.** Продовольственная проблема имеет глобальный характер и в силу своей тесной взаимосвязанности со сложной задачей преодоления социально-экономической отсталости бывших колониальных и зависимых государств.

Решение продовольственной проблемы связано не только с увеличением производства продуктов питания, но и с разработкой стратегий рационального использования продовольственных ресурсов, в основе которых должно лежать понимание качественных и количественных аспектов потребности человека в питании.

В целом, в мире ресурсы продовольствия достаточны для обеспечения удовлетворительного питания человечества. Мировая экономика располагает сельскохозяйственными ресурсами и технологиями для того, чтобы прокормить в два раза больше людей, чем проживает на земле. Однако производство продовольствия не обеспечивается там, где в нем нуждаются. Голодание и недоедание 20% населения планеты является основным социальным содержанием продовольственного кризиса.

На продовольственную ситуацию в мире оказывают влияние: физико-географические условия и размещения населения, развитие мирового транспорта и мировая торговля.

Продовольственная ситуация в развивающихся странах тесно переплетается с другими проблемами, многие из которых также приобретают глобальный характер. К ним можно отнести: расходы на военные нужды, растущую внешнюю финансовую задолженность, энергетический фактор.

**7. Проблема социально-экономической отсталости развивающихся стран.** «Третий мир» – весьма условная общность стран Азии, Африки, Латинской Америки и Океании, составлявших в прошлом колониальную и полуколониальную периферию развитых капиталистических стран.

Для этой группы стран зарождение и обострение глобальных проблем имеет свою специфику, вытекающую из особенностей развития их культуры и экономики.

В развивающихся странах сосредоточена большая часть населения планеты, на их территории сконцентрированы значительные запасы мировых природных ресурсов, там производится немногим более 18% всемирного национального продукта, значительная часть их населения не имеет уровня доходов, соответствующего стандартам развитого мира.

Ежегодно развивающиеся страны только по долговым процентам выплачивают суммы, в три раза превышающие получаемую помощь.

Ухудшение экономического положения развивающихся стран несомненно отражается на всем мировом сообществе: там, где существуют вопиющие различия в уровне жизни разных народов, глобальная стабильность невозможна.

Основная причина голода и недостатка продовольствия в развивающихся странах кроется не в природных катаклизмах, а в экономической отсталости этих стран и неокOLONиальной политике Запада.

Эпицентр глобальной экологической проблемы постепенно перемещается в развивающиеся регионы, которые оказываются на грани экологического кризиса.

Опасные изменения в окружающей среде развивающихся стран включают в себя непрекращающийся рост городов, деградацию земельных и водных ресурсов, интенсивное обезлесивание, опустынивание, нарастание стихийных бедствий.

Предполагается, что опасные изменения достигнут критических масштабов, затронув и развитые страны. Но если развитые страны давно изучают допустимые пределы воздействия на природу, возможные последствия ее нарушения и принимают меры, то развивающиеся страны заняты совсем другим, т.к. существуют ниже уровня бедности, и затраты на охрану окружающей среды представляются им непоозвоительной роскошью.

Глобальные проблемы явились результатом огромных масштабов человеческой деятельности, радикально изменяющей природу, общество, образ жизни людей, а также неспособности человека рационально распорядиться этой могучей силой.

## **Тема 22. Пути решения экологических проблем**

Комплексный характер экологических проблем требует комплексного государственного управления в области охраны окружающей среды. Ниже перечислим функции такого управления. Экологическое прогнозирование качества окружающей среды и ее изменение под воздействием конкретной экологической политики.

Экологическое планирование, то есть разработка стратегии и детальных программ по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов, включает в себя:

- Регулирование экономической деятельности с помощью правовых норм.
- Руководство экологической деятельностью – организационное воздействие на реализацию экологических программ.
- Экологический мониторинг – наблюдение за состоянием окружающей среды, учет наличия, качества и расходования природных ресурсов.

- Экологический контроль – деятельность по установлению соответствия и несоответствия окружающей среды установленным требованиям законодательства.

- Экологическое образование, обеспечение населения экологической информацией и формирование общественного сознания изменения культуры потребления.

Перечислим основные эколого-экономические принципы, на которых базируется экологическая политика в развитых странах.

### **1. Принцип стоимости упущенных возможностей**

Этот принцип требует, чтобы при использовании ограниченного ресурса учитывалась стоимость и неиспользованной альтернативы. Стоимость упущенных возможностей состоит в разнице прибылей, которые мы получим при использовании окружающей среды как приемника и мусоросборника отходов и использования той же местности в качестве сельскохозяйственных угодий. Надо отметить, что принцип действует и в обратную сторону, то есть охрана окружающей среды имеет свою стоимость с точки зрения неиспользования среды в хозяйственных целях.

### **2. Принцип «загрязнитель платит»**

В соответствии с рекомендацией ОЭСР (организация экономического сотрудничества и развития) 1972 г., принцип «загрязнитель платит» означает, что «загрязнитель должен нести расходы по проведению мер экологического оздоровления по решению властей». В «Рекомендации Совета 75/436 Евратом, ЕОУС (Европейское объединение угля и стали), ЕЭС от 3.03.75 о распределении затрат по охране окружающей среды и действиях органов общественной власти в этой области» дается определение и руководство по применению данного принципа. Отнесение расходов по борьбе с загрязнениями и другими неблагоприятными воздействиями на окружающую среду на непосредственных виновников заставляет их в условиях рынка искать пути снижения загрязнения, использовать более приемлемые меры с экологической точки зрения технологии, принимать меры по более рациональному использованию природных ресурсов.

Современную трактовку принципа «загрязнитель платит» можно свести к двум основным положениям:

- загрязнитель должен нести все расходы по средоохранной деятельности;
- загрязнитель имеет право возмещать свои природоохранные издержки через цены на свою продукцию и услуги.

Следует отметить, что практическое применение принципа «загрязнитель платит» показывает множество отклонений от теоретических постулатов.

### **3. Принцип долгосрочной перспективы**

Стоимость экологической деградации или охраны окружающей среды не может рассматриваться статично. Загрязняющие вещества аккумулируются с течением времени и лишь по прошествии его может выявиться полный ущерб. Не только ущерб, но и стоимость охраны окружающей среды должна рассматриваться перспективно. Экологическая деятельность очень капиталоемка. Требуется несколько лет для накопления антиполлюционного капитала (например, строительство водоочистительных сооружений и канализации). Адаптация производственных процессов, изменение отраслевой структуры, перераспределение фирм требуют одного-двух десятилетий. Поэтому экологическая политика должна проводиться постоянно. Сейчас же мы порой наблюдаем обратные явления, старые свалки служат ярчайшим примером необдуманной экологической политики без предвидения будущего ущерба.

### **4. Принцип взаимозависимости**

Экологическая политика должна учитывать взаимозависимость между природными средами, технологиями производства, загрязнения и сокращения загрязнения, между самими загрязняющими веществами.

В качестве отрицательного примера можно привести экологическую политику США и некоторых европейских стран в начале 70-х гг., концентрировавшуюся на управлении качеством воздуха и вод и пренебрегавшую почвой и свалками твердых отходов, загрязненных опасными веществами.

### **5. Принцип «пользователь платит»**

Принцип «пользователь платит» является применением принципа «загрязнитель платит» в отношении ресурсопользования, хотя и не вполне адекватным. Он требует, чтобы пользователь любого природного ресурса полностью оплатил его использование и последующее восстановление.

## **Экономические методы охраны окружающей среды**

### **1. Экологические стандарты**

Стандарты качества окружающей среды устанавливают юридически обязательные предельные уровни загрязнения или неблагоприятных воздействий, которые не должны превышать в данной среде или ее компонентах. Эти стандарты были впервые использованы в США в начале 70-х годов в Федеральных законах о качестве воздуха и о качестве вод. В поправках 1977 г. к этому закону национальные стандарты качества воздуха (НСКВ) подразделяются на первичные и вторичные. Первичные устанавливают предельно допустимые количества (ПДК) химических веществ в атмосфере в интересах охраны здоровья населения, вторичные вводят предельно допустимые уровни загрязнения (ПДУ), достаточные для охраны природной среды и «общественного благосос-

тояния» от реальных и потенциальных последствий загрязнения. Стандарты качества окружающей среды существовали и в странах Восточной Европы, но не соблюдались в силу отсутствия соответствующих законодательных механизмов. Из стран Западной Европы в последние несколько лет они были введены в Германии и Дании. Традиционными стандартами качества окружающей среды являются стандарты качества воздуха и вод, шума и вибрации, неприятных запахов.

*Товарные стандарты* – стандарты на продукцию, обычно общенациональные, которыми могут определяться:

- предельные уровни содержания загрязнителей или неблагоприятных воздействий в составе продукта;
- свойства и характеристики конструкции товара;
- способы использования.

*Технологические стандарты* представляют собой спецификации экологического характера для средств техники, оборудования технологических процессов и т.п. Они могут быть конструктивными и эксплуатационными.

Существует еще один вид стандартов – *стандарты «межрегиональной диффузии»*, которые определяют объем загрязняющих веществ, выносимых за пределы региона на определенный промежуток времени. Фирмы Японии, Германии, Швеции и других стран уже реагируют на повышение цен на энергию, на существующие экологические нормы и их будущее уничтожение более эффективными производственными процессами и более экологически чистой продукцией.

## **2. Контроль за состоянием окружающей среды**

Для обеспечения объективной информацией процессов создания, реализации и оценки экологической политики необходима система экологического мониторинга. Он может быть задействован на следующих этапах экологической политики:

1. Оценка стратегии с целью проверки возможности возникновения нежелательных последствий в перспективе.

2. Деятельность по уменьшению загрязнения окружающей среды, например:

- краткосрочный мониторинг при катастрофическом загрязнении в целях охраны здоровья людей;
- мониторинг соблюдения стандартов выбросов и качества окружающей среды;
- мониторинг при комплексной оценке экологического воздействия.

3. Выявление новых проблем и создание политики по их решению. Распределение ролей в экологическом мониторинге между национальным правительством, штатными (региональными) и местными властями зависит от структуры институтов в каждой конкретной стране. Обычно мониторинг проводится местными властями. Они должны контролиро-

вать выбросы предприятий и реагировать на превышение лимитов и других разрешающих условий, а также если деятельность предприятия осуществляется при отсутствии требуемого разрешения. Если разрешение не предусмотрено, местные власти должны проверять, ведется ли деятельность в соответствии со специальными требованиями законодательства в этой области.

### **3. Экономическое регулирование охраны окружающей среды**

Сущность экономических методов состоит в организации деятельности управляемых объектов путем создания преимуществ в потреблении. Этим управление экономическими методами отличается от стимулирования, которое предусматривает поощрение и санкции неэкономического характера.

Роль экономических методов заключается в создании механизмов управления, стимулирующих средоохранную деятельность и поиск путей минимизации экономических затрат, которое понесет общество ради достижения желаемого состояния окружающей среды и ее отдельных компонентов. В числе экономических инструментов экологического регулирования можно назвать:

- платежи или налоги за право пользования природными ресурсами;
- компенсационные платежи за выбытие природных ресурсов из целевого использования или ухудшение их качества, вызванное производственной деятельностью;
- платежи или налоги за выбросы загрязняющих экологически опасных технологий.

Все эти чисто экономические инструменты служат соблюдению стандартов наиболее эффективным путем.

**3.1. Эмиссионный налог и платежи.** В качестве основной меры контроля за загрязнением в развитых капиталистических странах предусмотрено введение налогов с природопользователей и загрязнителей окружающей среды, преимущественно на региональном и местном уровнях. Так, в ФРГ сравнительно недавно законодательно введена система налогообложения всех загрязняющих производств. В Нидерландах такая система функционирует уже на протяжении 10 лет, во Франции – начиная с 60-х годов. Система налогов на загрязнение воздуха и вод очень сложна. Она заключается в установлении платы за единицу загрязнения для всех источников на таком уровне, при котором стремление к минимизации издержек привело бы к общему снижению загрязнения, достаточному для достижения стандартов. Налоговая система имеет два главных преимущества по сравнению с системой административного достижения стандартов ПДВ или ПДК.

Альтернативой эмиссионному налогу являются платежи, устанавливаемые для любого источника выбросов и взимаемые только в том случае, если выбросы превышают заранее установленный уровень. Практика таких

платежей существует с 1973 года в Японии. Применяя для осуществления экологической политики эмиссионные налоги или платежи, надо учитывать следующие ограничения:

- недоучет некоторых загрязняющих веществ ведет к снижению суммы платежей;
- точный расчет стоимости ограничения выбросов для каждого загрязнителя весьма накладен и довольно ненадежен;
- для каждого вида загрязнений должна быть предусмотрена система регулирования поэтапного повышения ставок налогов или платежей, отражающая рост предельных издержек по мере достижения более высокого качества окружающей среды;
- эмиссионный налог не применим к регулированию некоторых видов загрязнений (опасных отходов, шумового загрязнения в городе);
- налог неэффективен для принятия экстренных мер в условиях чрезвычайной экологической ситуации;
- побудительный эффект налогов может ослабиться под действием ряда объективных факторов (инфляции, быстрого экономического роста и некоторых других).

Первые три проблемы не носят принципиального характера и могут быть решены технически. Остальные пункты в известной степени ограничивают сферу воздействия эмиссионного налога загрязнениями воздуха и вод. Именно в этой сфере эмиссионный налог и платежи нашли самое широкое применение в развитых странах Запада.

**3.2. Налоги и платежи за ресурсы.** Налоги на использование ресурсов применяются для ограничения спроса, когда нет необходимости установления максимума совокупного использования ресурсов. Перед введением налога должны быть ликвидированы субсидии и другие факторы, искажающие цены на ресурсы. Налоги и платежи должны отражать реальную стоимость ресурсов. Высокие налоги и цены на ресурсы должны стимулировать более высокие технологии и структуру потребления, но они должны вводиться постепенно, дабы избежать экономических срывов.

**3.3. Залоги и облигации.** В некоторых странах Запада применяется схема залогов – возмещений. Согласно этой схеме залог взимается с экологически грязных и нежелательных продуктов и возмещается, как только этот продукт надлежащим образом уничтожается. Залоговые вклады на возмещение экологического ущерба позволяют также избежать нелегальных сбросов загрязнителей, ибо залог больше расходов на захоронение отходов.

Экологические цели могут быть достигнуты и посредством совместного несения расходов фирмами. Примером тому могут служить водные ассоциации в районе Рура в Германии. В этих ассоциациях членство обязательно для каждого загрязнителя.

**3.4. Экологические фонды.** Экологические фонды обычно носят перераспределительный характер: средства поступают от загрязнителей

и им же возвращаются на конкретные экоохранные мероприятия или идут на улучшение экологической обстановки в целом. Это позволяет координировать экологическую деятельность и приводить ее в соответствие с общими целями экологической политики. Фонды могут быть национальными, межрегиональными, региональными и местными. Первые три типа образуются для проведения крупных экологических программ и мероприятий по охране окружающей среды, стоимость которых превышает имеющиеся средства местных фондов.

Местные экологические фонды складываются из следующих средств:

- эмиссионные налоги и платежи предприятий (за выбросы в атмосферу, сбросы в водоемы, размещение твердых отходов);
- налоги и платежи за ресурсы;
- средства, изысканные в возмещение ущерба, причиненного при нарушении экоохранного законодательства;
- плата предприятий за выбросы (лицензионные взносы);
- штрафы, взысканные в административном и судебном порядке с юридических и физических лиц, виновных в нарушении законодательства по охране окружающей среды;
- крупные экоохранные проекты на предприятиях при невозможности их осуществления за счет собственных средств;
- строительство, техническое перевооружение, реконструкция и капитальный ремонт экоохранных объектов, действующих на соответствующей территории;
- научно-исследовательские разработки и создание новых видов экоохранной техники и технологии;
- мероприятия по предупреждению и компенсации негативных социально-экономических последствий нарушения экоохранного законодательства на данной территории (озеленение, борьба с шумом и т.д.);
- работы по оценке воздействия на окружающую среду и проведение экспертизы экономических проектов, приуроченных к данной территории;
- создание специализированных предприятий по переработке отходов производства на территории данного региона;
- частичное или полное погашение банковских кредитов, данных предприятиям для проведения ими крупных капиталоемких мероприятий экоохранного назначения (строительство очистных сооружений, внедрение безотходных технологий и т.д.) при условии обеспечения высокого качества этих работ и выполнения их в определенные сроки.

Определенная доля отчислений местных фондов может резервироваться и образовывать страховой фонд, средства которого будут направляться на ликвидацию негативных последствий от непредвиденных природных процессов и явлений, а также аварий, причиняющих ущерб окружающей среде.

**3.5. Метод соглашения о компенсации ущерба и постоянный мониторинг. Принцип «колпака».** Управление по охране окружающей среды (ЕРА) недавно приняло ряд мер по уменьшению жесткости и негибкости своих правил. Эти меры явились результатом политического давления, вызванного влиянием жестких правил на региональное экономическое развитие. Например, ЕРА имеет право запрещать строительство предприятий в определенных районах, если в результате этого может быть превышен допустимый уровень загрязнения. В последнее время ЕРА отказывается от таких мер, явно препятствующих региональному развитию. Заключение соглашений о компенсации, подобных этому, равносильно продаже существующих прав на загрязнение. Политика ЕРА стала более гибкой и благодаря программе, прозванной «под колпаком у ЕРА». Данная программа заключается в том, что фирма «накрывается» воображаемым «колпаком», благодаря чему ведется постоянное наблюдение за всеми видами выбросов. Если фирма превышает предельно допустимые выбросы по одному из загрязняющих веществ, ЕРА не «замечает» этого нарушения при условии, что фирма в то же время уменьшает объем выбросов другого загрязнителя по сравнению с нормативными. Более гибкий подход к соблюдению стандартов позволяет фирмам добиться существенной экономии в издержках.

Недавно ЕРА продвинулась еще на один шаг к модели «прав на загрязнение», разрешив фирмам, у которых объем выбросов меньше нормативных, «накапливать» экономию по выбросам для целей описанной системы. Фирма, у которой объем выбросов определенного загрязнителя меньше нормативного, получает «кредит» на превышение норм выбросов в будущем. Кроме того, фирма может продавать эти «кредиты» другим фирмам. Этот метод стимулирует фирмы уменьшать объемы выбросов ниже установленных норм, поскольку в результате они получают «кредиты», которые могут затем продать и увеличить таким образом свой доход.

## ЧАСТЬ III. УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ

### Примерные вопросы к экзаменационным билетам

1. Экология: определение, цели, задачи.
2. Методология современной экологии.
3. Основные направления экологии.
4. Уровни организации живой материи и область применения экологии.
5. Понятие об окружающей среде.
6. Экологические факторы.
7. Толерантность организмов. Лимитирующие факторы.
8. Понятие об экологической нише.
9. Понятие о виде. Морфологический и биологический виды.
10. Понятие о популяции. Структура популяций.
11. Экологическая структура популяций.
12. Популяционные волны и причины их вызывающие.
13. Наименьшая единица популяции.
14. Понятие о генотипе и генофонде.
15. Фенотип и фенотипическая изменчивость.
16. Понятия о биоценозе и биотопе.
17. Геобиоценоз как экосистема.
18. Дефиниции экосистемы и структура экосистем.
19. Понятие о биосфере и ноосфере.
20. Аутэкология и синэкология.
21. Компенсация экологических факторов и экотипы.
22. Характеристика лимитирующих абиотических факторов.
23. Характеристика биотических факторов.
24. Типы и иерархия экосистем. Границы экосистем.
25. Наземные экосистемы.
26. Экосистемы пресных вод.
27. Экосистемы моря.
28. Устойчивость экосистем. Критерии устойчивости.
29. Понятие об экологических кризисах.
30. Антропогенные экологические кризисы.
31. Природные катастрофы и их влияние на развитие экосистем.
32. Понятие о глобальном мониторинге.
33. Проблема вирусной экологии.
34. Химические и бактериологические действия на экосистемы.
35. Проблема здоровья человека.
36. Человек как мощный экологический фактор.
37. Последствия в биосфере после ядерных конфликтов.
38. Понятие об экологической экспертизе.

39. Главные этапы эволюции биосферы.
40. Концепции возникновения жизни.
41. Концепция рационального природопользования.
42. Экзобиология как наука о неземных формах жизни.
43. Понятие об экотоне.
44. Что такое жизнь? Отличия живой и неживой материи.
45. Что такое эволюция? Факторы и типы эволюционных процессов.
46. Основная единица эволюционного процесса.
47. Ноосфера как живая высшая организация биосистем.
48. Роль живых организмов при оценке степени загрязнения природной среды.
49. Биоразнообразие и проблема его сохранения.
50. Искусственные экосистемы. Марикультура.
51. Потоки энергии и вещества в экосистемах.
52. Концепция продукции.
53. Продуктивность экосистем.
54. Трофические цепи.
55. Пищевые сети.
56. Трофические уровни.
57. Классификация сообществ.
58. Классификация экосистем.
59. Моделирование экосистем.
60. Концепция биогеохимических циклов.
61. Круговорот азота.
62. Круговорот воды и углерода.
63. Круговорот фосфора.
64. Круговорот основных биогенных элементов.
65. Концепция энергии в экосистемах.
66. Энергетические субсидии.
67. Концепция валовой продукции.
68. Качество энергии и пищи.
69. Основные экологические факторы.
70. Биотические отношения в сообществах.
71. Основные среды жизни.
72. Особенности экосистем водной среды.
73. Особенности экосистем воздушно-наземной среды.
74. Особенности почвенной среды.
75. Экстремальные среды.
76. Понятие о скоростях роста.
77. Основные статические характеристики популяций.
78. Основные динамические характеристики популяций.
79. Устойчивость экосистем.
80. Развитие и эволюция экосистем.
81. Будущее человеческой цивилизации

## 3.2. Примерные экзаменационные билеты по курсу «Экология»

### Билет 1

1. Структура современной экологии и ее основные проблемы.
2. Пирамиды биомасс.
3. Антропогенные факторы и их влияние на экосистемы.

### Билет 2

1. Биосфера: определение, структура, функционирование.
2. Концепция трофической структуры экосистем.
3. Биоценоз и сообщество.

### Билет 3

1. Ноосфера: определение, структура, функционирование.
2. Концепция энергетических субсидий.
3. Понятие об устойчивости экосистем.

### Билет 4

1. Экологические факторы и их классификация.
2. Пирамиды чисел.
3. Концепция экотопа.

### Билет 5

1. Основные законы экологии.
2. Энергетическая характеристика среды.
3. Понятие об экологических кризисах и их причинах.

### Билет 6

1. Понятие о лимитирующих факторах.
2. Законы термодинамики в экологии.
3. Уровни организации живой материи. Сфера действия экологии.

### Билет 7

1. Концепция экосистемы. Структура и функционирование.
2. Понятие об энтропии в экосистемах.
3. Автотрофы и гетеротрофы, их основные группы.

### Билет 8

1. Методы изучения экосистем.
2. Концепция экотона.
3. Принципы регуляции жизненных функций и биологическая ритмика.

### **Билет 9**

1. Классификация экосистем.
2. Хищничество как пример межвидовых отношений.
3. Эврибонты и стенобионты.

### **Билет 10**

1. Понятие об устойчивости экосистем.
2. Трофические уровни и пищевые цепи.
3. Кривые роста численности популяций.

### **Билет 11**

1. Моделирование экосистем и понятие об обратной связи.
2. Уровни в производстве органического вещества.
3. Правило Либиха.

### **Билет 12**

1. Концепция популяции и ее структуры.
2. Понятие о первичной и вторичной продукции.
3. Представление о сукцессии экосистем.

### **Билет 13**

1. Представление о местообитании и экологической нише.
2. Понятие о биомассе и продуктивности.
3. Гомеотипические и гетеротипические реакции.

### **Билет 14**

1. Биотические взаимодействия в популяции (внутривидовые) и сообществе (межвидовые).
2. Трофическая пирамида.
3. Определение понятий “биологический вид” и “популяция”.

### **Билет 15**

1. Динамика популяций. Основные показатели динамического развития.
2. Глобальная модель круговорота азота в биосфере.
3. Реализованная и потенциальная ниша.

### **Билет 16**

1. Понятие о биогеохимических циклах и их структуре.
2. Глобальная модель круговорота воды и углерода в биосфере.
3. Статистические характеристики популяции.

### **Билет 17**

1. Понятие о биогеохимическом круговороте веществ.
2. Понятие о конкуренции.
3. Рождаемость, смертность, скорость роста популяций.

### **Билет 18**

1. Движение энергии в экосистемах.
2. Важнейшие лимитирующие факторы.
3. Структура биоценозов и биоразнообразия.

### **Билет 19**

1. Понятие о качестве энергии и энергетическая классификация экосистем.
2. Концепция биомов и их классификация.
3. Пространственная структура популяций.

### **Билет 20**

1. Биологическая продуктивность экосистем.
2. Формальная модель биогеохимического цикла.
3. Составные части (элементы) экосистем и их взаимодействие.

### 3.3. Методические рекомендации и требования к написанию контрольной работы для студентов-заочников

Контрольная работа выполняется письменно. На каждый вопрос варианта ответ описывается теоретически. Объем работы должен быть не менее 10 страниц формата А4.

Выбор варианта зависит от начальной буквы фамилии студента. Вариант выбирается следующим образом:

Номер варианта	Начальная буква фамилии студента
1	А, Б
2	В, Г
3	Д, Е
4	Ж, З
5	И, К
6	Л, М
7	Н, О
8	П, Р
9	С, Т
10	У, Ф
11	Х, Ц
12	Ч, Ш
13	Щ, Э
14	Ю, Я

### 3.4. Контрольная работа

#### Вариант 1

1. Экология
2. Генотип
3. Ареал
4. Э. Геккель
5. Аутэкология
6. Толерантность
7. Комплексные биологические науки
8. Биосфера
9. Устойчивость экосистем
10. Методы экологии

#### Вариант 2

1. Синэкология
2. Генофонд
3. Популяция
4. Экологические факторы
5. Фенотипическая изменчивость
6. К.Ф. Рулье
7. Сообщество
8. Биотоп
9. Частные биологические науки
10. Экосистема

#### Вариант 3

1. Популяционная экология
2. Вид
3. Геном
4. Биоценоз
5. Абиотические факторы
6. Экологическая среда
7. В.В. Докучаев
8. Комплексные науки
9. Экосистема
10. Ареал

#### Вариант 4

1. Аутэкология
2. Вид
3. Генофонд

4. Биотоп
5. Биогеоценоз
6. В.Н. Сукачев
7. Лимитирующие факторы
8. Фенотипическая изменчивость
9. Устойчивость экосистем
10. Предмет экологии

#### **Вариант 5**

1. Экология
2. Популяция
3. Ареал
4. Сообщество
5. Фенотипическая изменчивость
6. Биотические факторы
7. Толерантность
8. Э. Геккель
9. Общие биологические науки
10. Методы экологии

#### **Вариант 6**

1. Аутэкология
2. Генофонд
3. Сообщество
4. Биогеоценоз
5. Абиотические факторы
6. Фенотипическая изменчивость
7. К.Ф. Рулье
8. Комплексные биологические науки
9. Предмет экологии
10. Вид

#### **Вариант 7**

1. Экология
2. Популяция
3. Экологические факторы
4. Закон «минимума Либиха»
5. Генотип
6. Экотон
7. Продуценты
8. Сукцессия
9. Стенобионты
10. Симбиоз

### **Вариант 8**

1. Аутоэкология
2. Ареал
3. Закон «минимума Либиха»
4. Устойчивость экосистем
5. Генофонд
6. Консументы
7. Экосистема
8. Эврибионты
9. Мутуализм
10. Бентос

### **Вариант 9**

1. Синэкология
2. Сообщество
3. Правило оптимума
4. Деструкторы
5. Первичная сукцессия
6. Экотон
7. Гигрофиты
8. Устойчивость экосистем
9. Аллелопатия
10. Нектон

### **Вариант 10**

1. Популяционная экология
2. Биоценоз
3. Закон толерантности
4. Трофический уровень
5. Вторичная сукцессия
6. Фенотипическая изменчивость
7. Мезофиты
8. Среда жизни
9. Паразитизм
10. Перифитон

### **Вариант 11**

1. Экология
2. Биогеоценоз
3. Правило Гаузе
4. Пищевая цепь
5. Устойчивость экосистем

6. Склерофиты
7. Биосфера
8. Стенобионты
9. Хищничество
10. Плейстон

### **Вариант 12**

1. Синэкология
2. Биотоп
3. Абиотические факторы
4. Пищевая сеть
5. Среда жизни
6. Галофиты
7. Лимитирующие факторы
8. Вид
9. Нейтрализм
10. Эндопаразиты

### **Вариант 13**

1. Аутэкология
2. Популяция
3. Биотические факторы
4. Пирамида биомасс
5. Среда обитания
6. Суккуленты
7. Эпифиты
8. Предмет экологии
9. Коменсализм
10. Эктопаразиты

### **Вариант 14**

1. Популяционная экология
2. Сообщество
3. Толерантность
4. Пирамида чисел
5. Местообитание
6. Ксерофиты
7. Возрастная структура популяции
8. Упругая устойчивость экосистем
9. Симбиоз
10. Планктон

### 3.5. Методические рекомендации и требования к написанию реферата

В процессе изучения курса лекций «Экология» предполагается приобщение студентов к самостоятельной работе. Такой формой работы является написание реферата, который защищается студентом на семинаре. Поскольку информационный объем курса не может охватить все области знаний и проблемы современного естествознания, то самостоятельная работа, по крайней мере, выполняет одновременно несколько образовательных функций. Во-первых, в реферате освещаются в более конкретной форме те вопросы, которые преподавателем были рассмотрены тезисно; во-вторых, студент приобретает навык работы с научной литературой и умение анализировать интересующую его проблему в конкретной области любой из наук о Земле; в-третьих, защищая свою научную работу на семинаре перед своими коллегами, автор реферата учится делать научные доклады и отстаивать свою точку зрения в дискуссии, в которой принимают участие сами студенты.

Обычно темы рефератов предлагаются преподавателем. Однако следует отдать предпочтение тем темам, которые были выбраны непосредственно студентами и которые представляют для него конкретный интерес и желание провести свое самостоятельное исследование. Выбранная самостоятельно тема должна входить в круг затрагиваемых в лекциях вопросов, а также должна быть согласована с преподавателем.

При работе над рефератом должна использоваться рекомендуемая литература, но поощряется, если студентом использованы и более серьезные материалы специализированных монографий и статей из отечественной и зарубежной периодической печати.

Реферат оформляется в виде машинописного или компьютерного текста на листах формата А 4. Объем реферата не должен превышать 24 страниц. Графика может быть выполнена как обычным чертежным методом, так и при помощи компьютерных программ типа Corel Draw или Photo Paint (PhotoShop). Текст автореферата желательно разбивать на параграфы или главы, включая в них, если это необходимо, отдельные пункты. Во «Введении» должна быть поставлена основная цель реферата и обозначен круг задач, которые необходимо выполнить. Здесь же освещается и основная научная проблема, которой посвящен реферат. В последующих главах последовательно рассматривается решение поставленных автором задач, необходимых для реализации цели реферата. В конце реферата пишется «Заключение», в котором формулируются основные выводы по проделанной работе. Алфавитный и пронумерованный список использованной литературы оформляется по существующему ГОСТу. Поощряется, если студент выбирает себе оппонента из лица студентов. В этом случае после защиты реферата оппонент выражает свою точку зрения о проделанной научной работе своего коллеги.

### 3.6. Примерные темы рефератов

1. Человек и окружающая среда как система.
2. Устойчивость функционирования экосистем.
3. Антропогенный фактор в развитии экосистем.
4. Сохранение биоразнообразия как важнейшая проблема взаимоотношения человека и природы.
5. Роль международных организаций по проблемам окружающей среды.
6. Источники энергии, влияющие на структуру и функционирование экосистем.
7. Круговорот веществ и энергии в экосистемах.
8. Биогеохимический круговорот в экосистемах.
9. Проблема рационального природопользования.
10. Роль личности в решении проблем окружающей среды.
11. Экологические факторы и их классификация.
12. Единица и факторы эволюционного процесса.
13. Основные проблемы современной экологии.
14. Катастрофические природные явления и их влияние на развитие экосистем.
15. Структура биосферы.
16. Сближение социально-политических и экологических задач.
17. Влияние экологии на развитие социально-политических наук.
18. Проблема сохранения генофонда планеты.
19. Могут ли быть в биосфере «вредные» виды?
20. Экология и ее роль в сохранении здоровья человека.
21. Будущее биосферы и человечества.

## ТИТУЛ РЕФЕРАТА (образец)

Владивостокский государственный университет  
экономики и сервиса  
Институт  
Кафедра

---

Название

Студент.....группы

ФИО

Преподаватель

ФИО

Оппонент (если есть)

ФИО

Владивосток  
2003

## Содержание реферата

Введение

ГЛАВА 1. Название

1.1. Название

1.2. Название

ГЛАВА 2. Название

2.1. Название

.....

Заключение

Список использованной литературы

### 3.7. Словарь терминов

1. **Абсорбент** – жидкость или твердое тело, поглощающее газ, растворенное вещество или энергию во всем своем объеме.

2. **Автогенез** – эволюция живой природы вне зависимости от внешних условий, направляемая и регулируемая внутренними (нематериальными) факторами.

3. **Авторегуляция в природе** – система взаимодействий в природе, основанная на прямых и обратных связях и ведущая к динамическому равновесию или самоорганизации и саморазвитию всей системы, ландшафта.

4. **Атмосфера** – газообразная оболочка планеты, на Земле включающая смесь различных газов, водяных паров и пылевых (аэрозольных) частиц; обычно делится на тропосферу, стратосферу, мезосферу и термосферу.

5. **Аэрация** – естественное или искусственное поступление воздуха в какую-нибудь среду (воду, почву и т.д.). Так, аэрация воды – это обогащение воды кислородом воздуха.

6. **Аэробы** – организмы, способные жить лишь в среде, содержащей кислород. К аэробам относятся почти все животные и растения, а также многие микроорганизмы.

7. **Биомасса** – выражаемое в единицах массы количество живого функционирующего вещества тех или иных организмов (популяции, сообществ), отнесенное к единице площади или объема ( $г/м^2$  или  $г/м^3$ ).

8. **Биосфера** – нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы, населенные живыми организмами, «область существования живого вещества»; самая крупная экосистема Земли.

9. **Биота** – исторически сложившийся комплекс живых организмов, обитающий на какой-нибудь крупной территории, изолированной любыми барьерами распространения.

10. **Биоценоз** – совокупность животных, растений и микроорганизмов, населяющих участок среды обитания с более или менее однородными условиями жизни.

11. **Вегетационный период** – период года, когда возможны рост и развитие (вегетация) растительности в данных климатических условиях.

12. **Выброс** – поступление в окружающую среду любых загрязнителей от группы предприятий, предприятия или человека в течение короткого времени или определенного периода (час, сутки).

13. **Выживаемость** – средняя вероятность сохранения организмов того или иного поколения для жизни и участия в функционировании экосистем.

14. **Генофонд** – 1) Совокупность генов одной группы особей (популяции, группы популяций или вида), в пределах которой они характе-

ризуются определенной частотой встречаемости; 2) Вся совокупность видов живых организмов с проявившимися и потенциальными наследственными задатками.

15. **Гербициды** – химические препараты, избирательно уничтожающие определенные группы растений, чаще всего в посевах сорняки полевых культур.

16. **Гидросфера** – совокупность всех вод Земли.

17. **Гумус** – кладовая плодородия; органическое вещество почвы, результат взаимодействия живых организмов и материнской породы, итог «работы» экосистемы.

18. **Дезактивация** – удаление радиоактивного загрязнения с поверхности предметов, сооружений и т.п.

19. **Дождь кислотный (кислотные осадки)** – дождь (и снег), подкисленный (рН ниже 5,6) из-за растворения в атмосферной влаге промышленных выбросов (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl и др.). В свою очередь, кислотные осадки подкисляют водоемы и почву, что приводит к гибели рыбы и других водных организмов, к резкому снижению прироста лесов и их усыханию.

20. **Доза облучения** – величина облучения от радиоактивного источника.

21. **Емкость среды** – размер способности природного или природно-антропогенного окружения обеспечивать нормальную жизнедеятельность (дыхание, питание, размножение, отдых и т.д.) определенному числу организмов или их сообществ без заметного нарушения самого окружения.

22. **Естественный фон излучения** – суммарный поток *ионизирующего излучения* из космоса и за счет природных радиоактивных элементов (радионуклидов) в окружающей среде. Является одним из факторов эволюции, вызывающим новые мутации.

23. **Живучесть экосистемы** – ее способность выдерживать резкие колебания *абиотической среды*, массовые размножения или длительные исчезновения отдельных видов или антропогенные нагрузки (перевыпас, вытаптывание, шум и т.п.)

24. **Загрязнение** – все то, что находится не в том месте, не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы, что выводит ее системы из состояния равновесия и отличается от обычно наблюдаемой нормы. Может быть вызвано любым агентом (*загрязняющим веществом*), в том числе самым чистым. Может возникать как в результате естественных причин – 3. природное, так и под и под влиянием деятельности человека – 3. антропогенное.

25. **Засоление вод** – превышение обычной концентрации солей в результате естественных или антропогенных причин.

26. **Засоление почв** – превышение (свыше 0,25%) содержания в почве легкорастворимых солей (карбонат натрия, хлориды и сульфаты), обусловленное или засоленностью почвообразующих пород (остаточное засоление), или чаще неправильным орошением, привнесом солей грунтовыми или поверхностными водами.

27. **Земельный кадастр** – свод сведений о природном, хозяйственном и правовом положении земель; ведется по единой для страны системе. Включает данные регистрации землепользования, учета количества и качества земель, бонитировки почв и экономической описи.

28. **Зоогеоценоз** – часть биоценоза, совокупность животных, характеризующихся определенным составом и сложившимися взаимоотношениями между собой и окружающей их средой.

29. **Зоопланктон** – гетеротрофные животные – консументы (рыбы, ракообразные, простейшие и др.), обитающие в водной толще.

30. **Зоофаги** – хищные организмы, питающиеся животными.

31. **Источник загрязнения** – 1) Точка выброса вещества (труба и т.п.); 2) Хозяйственный или природный объект, производящий загрязняющее вещество; 3) Регион, откуда поступают загрязняющие вещества (при дальнем и трансграничном переносе); 4) Внерегиональный фон загрязнений, накопленных в среде (например, в воздушной –  $\text{CO}_2$ , в водной – их кислотность т.п.)

32. **Кадастр** – систематизированный свод сведений, составляемых периодически или путем непрерывных наблюдений над соответствующим объектом (например, земельный К., лесной К. и др.). Кадастры содержат качественные и количественные характеристики, могут включать рекомендации по использованию объектов или явлений, предложения мер по их охране.

33. **Канцерогены** – химические соединения или их физические агенты, способствующие возникновению злокачественных новообразований (опухолей) у животных, растений и человека.

34. **Кислотность почвы (рН)** – концентрация ионов водорода в почвенном растворе (активная или актуальная кислотность) и в почвенном поглощающем комплексе (потенциальная кислотность). Один из важнейших агрономических показателей.

35. **Кризис экологический** – напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой, характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений в человеческом обществе ресурсоэкологическим возможностям биосферы.

36. **Круговорот веществ** – многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере, в том числе в тех слоях, которые входят в биосферу планеты.

37. **Ландшафт** – природный комплекс, определяемый как сравнительно небольшой индивидуальный участок («географический индивид») земной поверхности, ограниченный естественными рубежами, в пределах которого природные компоненты находятся в сложном взаимодействии и приспособлены друг к другу (региональное статистическое понимание).

38. **Ландшафт антропогенный** – ландшафт, преобразованный хозяйственной деятельностью человека настолько, что изменена связь природных (экологических) компонентов в степени, ведущей к сложению нового с ранее существовавшим на этом месте природным комплексом.

39. **Ландшафт культурный** – целенаправленно созданный антропогенный ландшафт, обладающий целесообразными для человеческого общества структурной и функциональными свойствами.

40. **Ландшафт нарушенный** – тип антропогенного ландшафта, возникшего в результате нерационального использования природных ресурсов.

41. **Миграция элементов** – перенос и перераспределение химических элементов в земной коре и на поверхности Земли. Лежит в основе непрерывно протекающего процесса круговорота веществ на Земле.

42. **Минерализация** – 1) Процесс распада органических соединений до углекислоты, воды и простых солей, происходящий с участием или без участия редуцентов; 2) Постепенное накопление солей в водах.

43. **Мутант** – особь, отличающаяся от исходного типа каким-либо наследственным отклонением, возникающим в результате генной мутации, а также хромосомных и геномных мутаций.

44. **Мягкость воды** – малое содержание в воде карбонатов кальция и магния. Противопоставляется жесткости воды – большому содержанию этих веществ в воде.

45. **Нагрузка антропогенная** – степень прямого и косвенного воздействия людей и их хозяйственной деятельности на природу в целом или на ее отдельные экологические компоненты и элементы (ландшафт, природные ресурсы, виды животного и т.д.).

46. **Нагрузка рекреационная** – степень непосредственного влияния отдыхающих людей (туризм, сбор даров леса, спортивная охота, рыболовство и т.д.), их транспортных средств, строительства временных и дачных жилищ и других сооружений на природные комплексы или рекреационные объекты (живописные места, памятники архитектуры и т.д.).

47. **Нитраты** – соли азотной кислоты – кристаллические вещества. Некоторых металлов (натрия, калия, кальция, бария), а также аммония называются селитрами и представляют собой широко применяемые в сельском хозяйстве минеральные удобрения. При несоблюдении норм удобрений полей. Нитраты накапливаются в пищевых продуктах и вы-

зывают тяжелые отравления. Человек относительно легко переносит дозу в 150 – 200 мг. нитратов в день; 600 – токсичная для взрослых (для грудного ребенка – 10 мг). Наибольшее количество нитратов (до 70%) поступает в организм с овощами, в которых они способны накапливаться в очень широких пределах (шпинат, свекла, редька, качанный салат, капуста кольраби, щавель, редис, ревен, укроп). В фруктах и ягодах нитраты практически не накапливаются.

**48. Ноосфера** – «сфера разума», высшая стадия развития биосферы, связанная с возникновением и развитием в ней человечества, когда разумная человеческая деятельность становится главным определяющим фактором глобального развития.

**49. Облучение** – воздействие на живой организм любыми видами излучений: инфракрасным (тепловое О.), видимым и ультрафиолетовым солнечным светом, космическими лучами и ионизирующими излучениями земного происхождения. Биологическое воздействие облучения зависит от дозы, вида и энергии облучения, а также от физиологического состояния организма.

**50. Онтогенез** – индивидуальное развитие организма, вся совокупность его преобразований от зарождения до конца жизни.

**51. Отходы токсичные** – отходы, содержащие вещества, которые при контакте с организмом человека (в условиях производства или быта) могут вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с отходами, так и в отдаленные сроки жизни стоящего и последующих поколений.

**52. Охрана природы** – совокупность международных, государственных, региональных, административно-хозяйственных, политических и общественных мероприятий, направленных на региональное использование, воспроизводство и сохранение природных ресурсов Земли и ближайшего к ней космического пространства.

**53. Параметры экосистемы** – величины, показатели, отражающие фундаментальные свойства экосистемы: биологическую продуктивность, интенсивность круговорота, разнообразие и т.п.

**54. Парниковый эффект** – потепление климата на Земле в результате повышения содержания в приземном слое атмосферы пыли, углекислого газа, метана и фторхлоруглеводородных соединений технического происхождения (сжигание топлива, промышленные выбросы и т.п.), которые препятствуют длинноволновому тепловому излучению с поверхности Земли. Смесь пыли и газов действует как полиэтиленовая пленка над парником: хорошо пропускает солнечный свет, идущий к поверхности почвы, но задерживает рассеиваемое почвой тепло – в результате под пленкой создается теплый микроклимат.

**55. Пестициды** – химическое соединение, используемое для защиты растений, сельскохозяйственных продуктов, древесины, изделий из

шерсти, хлопка и др. К пестицидам относятся также вещества, используемые для регуляции роста и развития растений (ауксины, гиббереллины, ретарданты), удаления листьев (дефолианты), уничтожения растений на корню (десиканты), удаления цветов и завязей (дефлоранты) и др. Использование пестицидов неизбежно отрицательно влияет на экосистемы любого иерархического уровня и на здоровье человека. Следует использовать строго по назначению, в минимально необходимом количестве и лишь там, где химические показания.

56. **Планктон** – совокупность пассивно плавающих в толще воды организмов, не способных к самостоятельному передвижению на значительные расстояния.

57. **Предельно допустимая концентрация (ПДК)** – норматив, количество вредного вещества в окружающей среде, при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства. Устанавливается в законодательном порядке и рекомендуется компетентными учреждениями (комиссиями и т.п.).

58. **Предельно допустимый выброс (ПДВ)** – объем (количество) загрязняющего вещества за единицу времени, превышение которого ведет к неблагоприятным последствиям в окружающей природной среде или опасно для здоровья человека. ПДВ залповый – единовременный концентрированный выброс значительного количества загрязняющих веществ в окружающую среду.

59. **Предельно допустимый сброс (ПДС)** – научно-технический норматив – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

60. **Природная среда** – совокупность объектов и условий природы, в которых протекает деятельность какого-либо субъекта.

61. **Пыль** – в атмосфере совокупность взвешенных мелких ( $10^{-2}$  –  $10^{-4}$  см) твердых частиц, способных в отличие от дыма оседать при безветрии. Борьба с производственной пылью – важная составная часть охраны окружающей среды от загрязнения.

62. **Равновесие экологическое** – баланс естественных или измененных человеком средообразующих компонентов и природных процессов, приводящий к длительному (условно бесконечному) существованию данной экосистемы. Отличают компонентное, основанное на балансе экологических компонентов внутри одной экосистемы, и территориальное, возникающее при некотором соотношении интенсивно (агроценозы, урбокомплексы и т.п.)

63. **Радиация** – поток корпускулярной (альфа-, бета и гамма-лучи, поток нейтронов) и (или) электромагнитной энергии.

64. **Радиоактивные нуклиды** – ядра нестабильных химических элементов, испускающие заряженные частицы и излучения, которые, попадая в организм человека, разрушают клетки, вследствие чего могут возникать различные болезни, в том числе и лучевая.

65. **Самовосстановление природных систем** – 1) Процесс непрерывного воспроизводства или возобновления структуры, свойств, количественного и качественного состава природных систем, осуществляющийся без участия человека; 2) Самостоятельный возврат природных систем к состоянию динамического равновесия, из которого они были выведены действием природных или антропогенных факторов.

66. **Самоочищение** – естественное разрушение загрязнителя в среде (почве, воде и др.) в результате природных, физических, химических и биологических процессов. Длительность самоочищения резко меняется в зависимости от географического места – в маргинальных зонах и на севере оно идет медленно. Для многих стойких загрязнителей самоочищающая способность природы равна нулю.

67. **Саморегуляция** – способность природной (экологической) системы к восстановлению баланса внутренних свойств после какого-либо природного или антропогенного влияния. Основана на принципе обратной связи отдельных составляющих природную систему подсистем и экологических компонентов.

68. **Сапропель** – иловые отложения озер и лагун, состоящие в основном из органических веществ – остатков водных организмов, смешанных с минеральными осадками. Как и детрит, используют в качестве удобрения.

69. **Сапрофаги** – животные, питающиеся трупами других животных (гиены, грифы, жуки-мертвоеды и др.). Уничтожая гниющие остатки, вместе с микроорганизмами, выполняют роль санитаров в природе.

70. **Сапрофиты** – организмы, питающиеся остатками растений и животных и превращающие органические вещества в неорганические, участвуя тем самым в круговороте веществ в природе. К ним относится большинство грибов и бактерий, но встречаются они и среди высших растений.

71. **Синэкология** – раздел экологии, исследующий сообщества растений, животных, микроорганизмов и их отношения со средой обитания.

72. **Сорбент** – поглощающее вещество.

73. **Сорбция** – поглощение твердым телом или жидкостью вещества из окружающей среды.

74. **Среда** – 1) Вещество и (или) пространство, окружающие рассматриваемый объект; 2) Природные тела и явления, с которыми орга-

низм человека находится в прямых или косвенных взаимоотношениях; 3) Совокупность физических (природных), природно-антропогенных (культурных ландшафтов и населенных мест) и социальных факторов жизни человека.

75. **Стабильность биосферы** – способность биосферы противостоять внутренним возмущениям, включая антропогенные воздействия.

76. **Структура экосистемы** – естественное функционально-морфологическое членение экосистемы на подсистемы и блоки, играющие в экосистеме роль «кирпичиков». В число структурных элементов входят популяции, консорции, синузции, ярусы растительности и т. д.

77. **Сукцессия** – последовательная смена во времени одних биоценозов другими на определенном участке земной поверхности. При отсутствии нарушений С. завершается возникновением сообщества, находящегося в равновесии со средой, климакса.

78. **Сукцессия экологическая** – постепенное изменение экосистемы под влиянием внутренних или внешних условий. К сукцессиям первого типа относятся процессы зарастания скал или насыпей дорог, ко второму – изменения водных экосистем при поступлении в них удобрений или других загрязнений, изменение лугов или лесов под влиянием выпаса и т. д.

79. **Токсикант** – ядовитое вещество.

80. **Токсины** – ядовитые вещества, образуемые некоторыми микроорганизмами, растениями и животными. По химической природе Т. – полипептиды и белки. Иногда термин «Т.» распространяется и на ядовитые вещества небелковой природы. Наиболее изучены микробные Т., которые делят на экзо- и эндотоксины. Экзотоксины экскретируют в среду во время роста, а эндотоксины – после гибели организмов.

81. **Токсичность** – ядовитость.

82. **Урбанизация** – 1) Рост и развитие городов; 2) Приобретение сельской местностью внешних и социальных черт, характерных для города. В ближайшее время в городах будет жить примерно 80% населения (сейчас в городах проживает примерно 60%).

83. **Уровень загрязнения** – абсолютная или относительная величина содержания в среде загрязняющих веществ.

84. **Уровень радиоактивности** – суммарная интенсивность самораспада радиоактивных элементов в окружающей среде. В международной системе единиц Си обозначается Бк (беккерель). У. р. зависит от естественного фона радиоактивности и количества антропогенных загрязнителей среды обитания.

85. **Устойчивое развитие** – развитие в глобальной системе «общество – природа», которое обеспечивает удовлетворение потребностей людей настоящего времени без ущерба основополагающим параметрам биосферы и не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности. Подразумевает поддержание со стороны общества развития природной среды.

86. **Фактор биогенный** – группа факторов, связанных как с прямым, так и с опосредованным влиянием живых организмов на среду ныне и в прошлые эпохи (совокупность биологических, биотических и биоценологических факторов).

87. **Фауна** (животный мир) – эволюционно-исторически сложившаяся совокупность всех видов животных, обитающих (или обитавших) на рассматриваемой территории.

88. **Ферменты** – специфические белки, присутствующие во всех живых клетках и играющие роль биологических катализаторов. Резистентность организмов к специфическим поллютантам (например пестицидам различных классов) обусловлена активностью специфических ферментов, способных расщеплять эти соединения в организме до «нетоксичных продуктов».

89. **Фитопланктон** – микроскопические зеленые растения, в основном водоросли, а также некоторые высшие растения, свободно плавающие в толще вод.

90. **Фитосфера** – поверхностный слой над Землей (до 150 м), где условия среды в значительной мере определяются зеленой растительностью.

91. **Фитофаг** – животные, питающиеся только растительной пищей (например, многие насекомые).

92. **Фитоценоз** – растительное сообщество, совокупность растений, совместно произрастающих на однородном участке территории. Существуют лесные, луговые, степные, полевые и другие фитоценозы.

93. **Флора** (растительный мир, растительность) – исторически сложившаяся и динамически развивающаяся совокупность всех видов и особей растений, населяющих определенную территорию.

94. **Фотосинтез** – образование в клетках зеленых растений, водорослей и некоторых микроорганизмов органических веществ из углекислоты и воды под действием света, сопровождающееся выделением кислорода.

95. **Хемосорбция** – поглощение газов, паров, растворенных веществ жидкими и твердыми сорбентами с образованием на поверхности раздела новой фазы или компонента. Х. – разновидность адсорбции. В прошлом хемосорбцией называли химические реакции газов с жидкими или твердыми веществами.

96. **Хионосфера** – слой атмосферы, в котором возможен постоянный положительный баланс твердых осадков; нижняя граница хионосферы при пересечении с горными вершинами образует снеговую линию.

97. **Хлороз** – заболевание растений, вызванное недостатком некоторых элементов в почве (чаще всего магния или железа) и вирусами. Выражается в пожелтении листьев.

98. **Цепь трофическая** (пищевая цепь, цепь питания) – взаимоотношения между организмами, через которые в экосистеме происходит трансформация вещества и энергии; группы особей, связанные друг с

другом отношении «пища – потребитель» (т.е. цепь, в которой каждое предыдущее звено служит пищей для последующего).

99. **Цикл жизненный** – период от рождения или появления оплодотворенного яйца до смерти. У низших организмов размножающихся делением, Ц.ж. – это период от деления до деления.

100. **Частица сажевая** – конгломерат углерода с водородом, образующийся при горении топлива и уносимый из топок с отходящим (уходящим) газом, главным образом в виде мельчайших частиц.

101. **Чувствительность** – свойства живых организмов реагировать на действие факторов окружающей среды. Наименьшая сила факторов, которую ощущает организм, является порогом его чувствительности; чем ниже этот порог, тем выше Ч. организма.

102. **Шум** – одна из форм физического (волнового) загрязнения, адаптация которой невозможна. Сильный шум более 90 дБ приводит к болезням нервно-технического стресса и ухудшению слуха вплоть до полной глухоты (свыше 110 дБ), вызывает резонанс клеточных структур протоплазмы, ведущей к шумовому «опьянению», а затем к разрушению тканей. Шкала силы звука строится на логарифмах отношений данной величины звука к порогу слышимости.

103. **Экологизация производства** – предполагает приспособления различных технологий к сложившимся природным (биосферным) условиям. Экологическое производство, исходя из ограниченных возможностей сложившихся биосферных явлений, предполагает планомерное производство и воспроизводство компонентов и условий природной среды.

104. **Экология человека** – 1) Комплексная дисциплина, исследующая общие законы взаимоотношения биосферы (ее подразделений) и антропосистемы (ее структурных уровней) человечества, его групп (популяций) индивидуумов, влияние природной (в ряде случаев и социальной) среды на человека и группы людей; 2) Экология человеческой личности; 3) Экология человеческих популяций, в том числе учение об этносах. Э.ч. включает как социально-психологические отношения людей между собой, так и отношения людей к природе, т.е. представляет собой комплексную эколого-социально-экономическую отрасль знаний, где все социальные, экономические и природные условия рассматриваются как одинаково важные составляющие среды жизни человека, обеспечивающие разные стороны его потребностей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Биосфера. М.: Мир, 1972.
- Будыко М.И. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977.
- Вернадский В.И. Биосфера. М., 1965.
- Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988.
- Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление. М.: Наука, 1991.
- Вронский В.А. Прикладная экология: Учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 1996.
- Герасимов И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира. М.: Наука, 1985.
- Гиляров. Популяционная экология. М.: МГУ. 1990.
- Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. М.: Танаис ДИ-ДИК, 1994.
- Дажо Р. Основы экологии. М.: Прогресс, 1975.
- Казначеев В.П. Учение В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере. Новосибирск: Наука, 1989.
- Моисеев Н.Н. Человек и биосфера. М.: Молодая гвардия, 1985.
- Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М.: Молодая гвардия, 1990.
- Одум Ю. Экология: В 2 т. М.: Мир, 1986.
- Петров К.М. Общая экология: взаимодействие общества и природы. СПб.: Химия, 1998.
- Радкевич В.А. Экология. Минск: Вышэйш. шк., 1998.
- Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980.
- Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М.: МГУ, 1980.
- Христофорова Н.К. Основы экологии. Владивосток: Дальнаука, 1999.
- Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. М.: Просвещение, 1988.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	2
ЧАСТЬ I. УЧЕБНО-ПРОГРАММНАЯ .....	5
1.1. Тематический план изучения курса «Экология» .....	5
1.2. Заочное отделение .....	6
1.3. Основная учебная литература по курсу «Экология» .....	7
1.4. Программа курса «Экология» .....	8
ЧАСТЬ II. УЧЕБНО-ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ .....	22
Тема 1. Предмет и объекты изучения экологии .....	22
Тема 2. Определение понятия «экологические факторы» .....	28
Тема 3. Экологическая роль абиотических и биотических факторов .....	33
Тема 4. Концепция экологической ниши .....	38
Тема 5. Концепция сообщества и биоценоза .....	44
Тема 6. Живые организмы водной среды – индикаторы комплекса экологических факторов .....	48
Тема 7. Водные биоценозы как отражение комплекса абиотических и биотических факторов .....	55
Тема 8. Живые организмы – индикаторы наземно-воздушной среды как комплекса экологических факторов .....	60
Тема 9. Определение понятия «популяция» и структура популяций .....	66
Тема 10. Пространственная и временная структура популяции .....	71
Тема 11. Биоценозы островных экосистем .....	76
Тема 12. Концепция экосистемы. Классификация, структура, функционалирование .....	83
Тема 13. Происхождение и эволюция основных сред жизни на Земле .....	90
Тема 14. Концепция экологических кризисов .....	99
Тема 15. Концепция экологии человека и антропогенез. Экоразвитие .....	106
Тема 16. Биосфера, экосфера, ноосфера .....	113
Тема 17. Растительные биоресурсы Дальнего Востока .....	119
Тема 18. Экологические проблемы России .....	129
Тема 19. Состояние водных экосистем прибрежных вод Приморья .....	138
Тема 20. Экологические проблемы г. Владивостока .....	141
Тема 21. Глобальные проблемы экологии .....	145
Тема 22. Пути решения экологических проблем .....	155
Экономические методы охраны окружающей среды .....	157
ЧАСТЬ III. УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ .....	163
Примерные вопросы к экзаменационным билетам .....	163
3.2. Примерные экзаменационные билеты по курсу «Экология» .....	165
3.3. Методические рекомендации и требования к написанию контрольной работы для студентов-заочников .....	168
3.4. Контрольная работа .....	169
3.5. Методические рекомендации и требования к написанию реферата .....	173
3.6. Примерные темы рефератов .....	174
3.7. Словарь терминов .....	176
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	186

Учебное издание

Пушкарь Владимир Степанович  
Майоров Игорь Семенович

## ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Редактор Л.И. Александрова  
Корректор Л.З. Анипко  
Компьютерная верстка М.А. Портновой

Лицензия на издательскую деятельность ИД № 03816 от 22.01.2001

Подписано в печать 10.06.2003. Формат 60×84/16.  
Бумага писчая. Печать офсетная. Усл. печ. л.11,39.  
Уч.-изд. л. 13,2 Тираж 450 экз. Заказ

---

Издательство Владивостокского государственного университета  
экономики и сервиса

690600, Владивосток, ул. Гоголя, 41  
Отпечатано в типографии ВГУЭС  
690600, Владивосток, ул. Державина, 57

