



**В.В.МАВРИЩЕВ, В.Ф.КУЛЕЩ, Т.А.БОНИНА**

# **ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ**

**Учебное пособие для студентов небиологических специальностей вузов**

**Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве пособия для студентов высших учебных заведений по небиологическим специальностям**

**МИНСК 2009**

**Маврищев В.В.**

М122 Основы экологии : учеб. пособие / В.В. Маврищев, В.Ф.Кулеш, Т.А.Бонина. –  
Минск : БГПУ, 2009. – 258 с.  
ISBN 978-985-501-726-5

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
1. ПРЕДМЕТ И СОДЕРЖАНИЕ ЭКОЛОГИИ .....	6
1.1. Что изучает экология? .....	6
1.2. Краткая история экологического знания .....	6
1.3. Современное определение экологии .....	10
1.4. Структура экологии .....	13
1.5. Предмет и объекты изучения экологии .....	15
Вопросы для повторения .....	17
2. СРЕДА ОБИТАНИЯ .....	17
2.1. Понятие о среде обитания .....	17
2.2. Среды обитания жизни .....	19
2.3. Водная среда .....	20
2.4. Наземно-воздушная среда .....	26
2.5. Почвенная среда .....	28
2.6. Живые организмы как среда обитания .....	31
Вопросы для повторения .....	34
3. ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	34
3.1. Понятие об экологических факторах .....	34
3.2. Абиотические факторы .....	37
3.3. Биотические факторы .....	49
3.4. Антропогенные факторы .....	52
3.5. Законы воздействия экологических факторов на живые организмы .....	55
3.6. Адаптации организмов к факторам среды .....	61
3.7. Жизненные формы организмов .....	66
Вопросы для повторения .....	68
4. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ .....	69
4.1. Определение и сущность популяции .....	69
4.2. Структура и характеристика популяций .....	71
4.3. Взаимодействия между популяциями .....	75
4.4. Конкуренция. Закон конкурентного исключения Гаузе .....	77
Вопросы для повторения .....	79
5. БИОЦЕНОЗ .....	79
5.1. Понятие биоценоза .....	79
5.2. Видовая структура биоценоза .....	81
5.3. Пространственная структура биоценоза .....	82
5.4. Экологическая ниша .....	85
Вопросы для повторения .....	87
6. КОНЦЕПЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ .....	87
6.1. Сущность экосистемы .....	87
6.2. Динамика и развитие экосистем .....	89

6.3. Поток энергии, пищевые цепи, экологические пирамиды . . . . .	93
6.4. Экосистема и биогеоценоз . . . . .	99
6.5. Агроэкосистемы. . . . .	101
Вопросы для повторения. . . . .	104
<b>7. БИОСФЕРА . . . . .</b>	<b>104</b>
7.1. Понятие биосферы. Учение В.И. Вернадского о биосфере . . . . .	104
7.2. Происхождение жизни и эволюция биосферы. . . . .	106
7.3. Живое вещество биосферы. . . . .	110
7.4. Распределение жизни в биосфере. . . . .	113
7.5. Стабильность биосферы и основные круговороты вещества. . . . .	115
7.6. Биологическое разнообразие – основа устойчивости биосферы. . . . .	118
7.7. Концепция ноосферы . . . . .	123
Вопросы для повторения. . . . .	125
<b>8. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ . . . . .</b>	<b>126</b>
8.1. Понятие природных ресурсов . . . . .	126
8.2. Водные ресурсы Беларуси . . . . .	128
8.3. Почвенные ресурсы Беларуси . . . . .	129
8.4. Растительные ресурсы Беларуси. . . . .	130
8.5. Состояние ресурсов животного мира Беларуси . . . . .	132
Вопросы для повторения. . . . .	134
<b>9. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ГЛОБАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА . . . . .</b>	<b>134</b>
9.1. Экологические проблемы современности . . . . .	134
9.2. Понятие экологического кризиса . . . . .	136
9.3. Определение и классификация загрязняющих веществ. . . . .	139
9.4. Воздействие на атмосферу: смог, кислотные осадки. . . . .	143
9.5. Проблема глобального потепления (парниковый эффект) . . . . .	146
9.6. Состояние озонового экрана . . . . .	149
Вопросы для повторения. . . . .	152
<b>10. ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ . . . . .</b>	<b>152</b>
10.1. Охрана флоры и фауны . . . . .	152
10.2. Красная книга. . . . .	157
10.3. Система особо охраняемых природных территорий . . . . .	159
10.4. Особо охраняемые территории мира и Беларуси . . . . .	164
Вопросы для повторения. . . . .	168
<b>11. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ . . . . .</b>	<b>168</b>
11.1. Понятие топливно-энергетических ресурсов . . . . .	168
11.2. Топливо-энергетические ресурсы Беларуси. . . . .	170
11.3. Топливо-энергетический комплекс Беларуси . . . . .	174
11.4. Основные направления экономии энергоресурсов . . . . .	176
11.5. Эффективное использование энергии в населенных пунктах . . . . .	177
11.6. Энергосбережение в быту . . . . .	184
Вопросы для повторения. . . . .	187

ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ДОКЛАДОВ И РЕФЕРАТОВ ДЛЯ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ. .... 188

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ..... 189

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Человек является неотъемлемой частью природы. Хотим мы этого, или не хотим, называем ли мы себя властелинами мира, необходимо помнить, что наиболее естественная среда обитания для человека - природная.

А как изменилось природное окружение человека за наш бурный, полный динамического развития XX век? Перечитайте страницы классиков, посвященных описанию картин природы. В них передается гармоничная взаимосвязь человека и природного окружения. И это прошлый век, когда наиболее передовые мыслители уже начали бить в колокол тревоги и предупреждать человечество о грядущей опасности. Еще в 40-х годах XIX века известный французский писатель Г.Флобер писал «Если общество и впредь пойдет тем же путем, через две тысячи лет не останется ни травинки, ни дерева; они изведут природу». Флобер оказался неправ только в одном: не две тысячи, а только сто лет спустя человек подошел к той грани, переступить которую крайне опасно.

Вспомните слова земского доктора Астрова в пьесе А.П.Чехова «Дядя Ваня»: «Лесов все меньше и меньше, реки сохнут, дичь перевелась, климат испорчен, и с каждым днем земля становится все безобразнее».

А сколько растений и животных исчезло навсегда? Кто их уничтожил? Конечно, повелитель природы - человек. А может быть исчезнувшие организмы могли бы помочь чем-то человечеству в борьбе от многих эпидемий? Кто знает? - На это уже нет ответа.

В поэтической сказке Х.Андерсена говорится о том, что императору, у которого был ручной соловей, подарили соловья механического. Пение искусственной игрушки настолько понравилось императору, что он забыл думать о соловье живом. Однако когда случилось несчастье, и император заболел, ему не помогли ни лекарства, ни искусственный певец. Только пение живого соловья помогло императору исцелиться. Смысл сказки очевиден. Ничто не заменит человеку общения с живой природой. Но, общаясь с ней, нужно быть предельно бережливым и заботливым, чтобы не нарушить хрупкость природных связей.

Важность экологии как науки для человека заключается в том, что она изучает его непосредственное природное окружение. Человек, наблюдая природу и присущую ей гармонию, невольно стремился внести эту гармонию в свою жизнь. Это желание стало особенно острым лишь сравнительно

недавно, после того как сделались очень заметными последствия неразумной хозяйственной деятельности, приводящие к разрушению природной среды. А это в конечном итоге оказало неблагоприятное влияние на самого человека. Вот почему термин «экология» получил такое широкое распространение.

Следует помнить, что экология - фундаментальная научная дисциплина, идеи которой имеют очень важное значение. И если мы признаем важность этой науки, нам надо научиться правильно пользоваться ее законами, понятиями, терминами. Ведь они помогают людям определять свое место в окружающей их среде, правильно и рационально использовать природные богатства.

Человечество только тогда заговорило о перспективах экологической катастрофы, когда стало очевидным, что без природы, природного окружения человек не выживет и исчезнет как биологический вид. Природа, между тем, вполне прекрасно обойдется и без человека (если только раньше он не уничтожит все живое). Фридрих Ницше сказал в свое время: «Земля имеет оболочку; и у этой оболочки есть болезни. Одна из таких болезней называется человек».

Экологические проблемы на современном этапе приобрели глобальный характер. Их решение требует международного сотрудничества на основе интеграции интеллектуального и практического потенциала в области охраны окружающей среды. Сейчас просто «экологического мышления» недостаточно. Насущная задача - сформировать экологическое мировоззрение, привить экологическую культуру молодому подрастающему поколению, которое в недалеком будущем займет основные ячейки общества. Для выхода из экологического кризиса необходим экологический всеобуч, когда каждый человек будет экологически мыслить и действовать.

Значение природы неопределимо в жизни каждого человека. Воздух, вода, малахитовый ковер лугов, щебетанье птиц, белка на дереве, бодрящий аромат тенистых лесов - все это природа. «Кладовой солнца» назвал ее Михаил Пришвин. Но черпать из этой кладовой нужно с большой осторожностью. Природа похожа на уязвимую паутину. Коснитесь одной паутинки - и дрогнут все остальные.

В определении этического отношения человека к окружающей его живой среде важное значение имеет непосредственный его контакт с самой природой. Именно при этом формируются его этические взгляды и воззрения. Если человек сам непосредственно каким-то добрым делом соприкоснется с природой, например, вырастит дерево или цветок, то прежде чем сломать ветку или сорвать растение, он непременно задумается, а нужно ли это делать? Постоянное и доброе общение с природой необходимо каждому. Тогда человеку откроются три важнейшие заповеди - он должен хорошо знать природу и ее законы, беречь и охранять ее, и, конечно же, приумножать ее богатство.

## ГЛАВА 1. ПРЕДМЕТ И СОДЕРЖАНИЕ ЭКОЛОГИИ

### 1.1. Что изучает экология?

Слово «экология» сегодня знают все, но в большинстве случаев мало кто даст правильный ответ на вопрос – что же изучает экология? Чаще всего ответы сводятся к охране природы, заботе о чистоте природных вод, воздуха, ближайшего окружения человека.

В последнее время оно употребляется по любому случаю и столь часто, что сам смысл его затерялся где-то в анналах научных публикаций. Оно стало модным. Его упоминают политики и ученые, писатели и философы, активисты общественного движения и просто обыватели. В последнее время часто можно встретить такое словосочетание как «плохая экология». У нас в городе (поселке, области) плохая экология. И никто не задумался об абсурдности и неверности данного положения. Действительно, не смешно ли звучит фраза: «у нас в городе плохая физика (или химия, или психология)»? А вот термин «экология», оказывается, можно употреблять в сочетании с такими прилагательными как «плохая», «ужасная», «грязная» и т.п.

Важность экологии как науки для человека заключается в том, что она изучает его непосредственное природное окружение. Человек, наблюдая природу и присущую ей гармонию, невольно стремился внести эту гармонию в свою жизнь. По мере своего эволюционного развития человек, наблюдая природу и присущую ей гармонию, невольно стремился внести эту гармонию в свою жизнь. Это желание стало особенно острым лишь сравнительно недавно, после того как сделались очень заметными последствия неразумной хозяйственной деятельности, приводящие к разрушению природной среды. А это в конечном итоге оказало неблагоприятное влияние на самого человека. Вот почему термин «экология» получил такое широкое распространение.

На самом деле, оказывается, что экология – это отдельная наука со своими методами, законами, определениями, понятиями.

К сожалению, как часто бывает, употребление к месту и не к месту некоторых, ставших модными слов приводит к тому, что они начинают приобретать очень неопределенное значение, теряя свой истинный смысл.

Следует помнить, что экология - фундаментальная научная дисциплина, идеи которой имеют очень важное значение. И если мы признаем важность этой науки, нам надо научиться правильно пользоваться ее законами, понятиями, терминами. Ведь они помогают людям определять свое место в окружающей их среде, правильно и рационально использовать природные богатства.

## 1.2. Краткая история экологического знания

На вопрос о том, когда же человек начал изменять природу, американский биолог Пол Эрлих ответил однажды так: «Точно сказать не могу, но это произошло, видимо, от пятнадцати до двадцати пяти тысяч лет тому назад. Все началось тогда, когда первый крестьянин бросил в почву первое зерно в надежде, что оно даст ему новое растение и принесет двадцать новых зерен. Так человек начал систематическое преобразование природы».

Толчок самой первой в истории человечества научно-технической революции был дан неким безымянным доисторическим Эйнштейном, посадившим во влажную землю первое зерно и вызвавшим этим поступком сельскохозяйственную революцию со всеми сопутствующими ей социальными потрясениями.

Экология - наука сравнительно молодая и находится еще пока в фазе становления. Это связано с тем, что она в той или иной мере затрагивает почти все сферы жизнедеятельности живых организмов (и их совокупностей) и деятельности человека. Это синтетическая наука, которая имеет полное право на существование в общей иерархии современных наук.

Корни экологии уходят в глубочайшую древность. Человек был не просто пассивным наблюдателем, а активным участником природных процессов и преобразователем природы. Уже наскальные изображения первобытных эпох, в которых современный человек узнает силуэты знакомых животных, являются свидетельством того, что проблемы первобытных людей в своей сущности были экологическими. Следует подчеркнуть, что экологические представления возникли непосредственно в связи с практическими запросами человечества. Множество интересных сведений об экологическом мышлении того времени оставили нам древние египетские, индийские, тибетские и античные источники.

Предыстория экологии охватывает античный период и эпоху Возрождения. В работах таких римских авторов как философ Лукреций, поэт Вергилий или натуралист Колумелла, уже содержатся элементы

экологических принципов. Зачатки этих принципов можно обнаружить у всех древних цивилизаций, и, возможно, чаще на Востоке, чем на Западе.

Предыстория экологии охватывает античный период и эпоху Возрождения.

Древнегреческие мыслители передали эстафету пришедшим им на смену римским ученым. Ученые Древней Греции и Рима перекинули мостик к мыслителям эпохи Возрождения, которая положила начало новому этапу в развитии мировой цивилизации. Человек начал открывать новые природные территории. Появление в рационе современных людей таких привычных всем растений как картофель, томаты, табак, кофе, кукуруза, рис и многих других стало возможным только благодаря экспедициям знаменитых путешественников того времени – Христофора Колумба, Васко да Гама, Америго Веспуччи и др.

В 1749 г. шведский естествоиспытатель Карл Линней опубликовал диссертацию «Экономия природы». В ней он изложил свои взгляды на взаимоотношения живых организмов и влияния на их жизнь условий внешней среды. Заслуга Линнея прежде всего в том, что он впервые последовательно применил бинарную (двойную) номенклатуру, т.е. обозначил для каждого вида растений, животных и микроорганизмов двойное латинское название: первое означало название рода, второе – видовую принадлежность. Одновременно Линней построил наиболее удачную искусственную классификацию растений и животных.

Большое влияние на формирование экологических взглядов имели работы Жана Батиста Ламарка, в которых он затронул проблему воздействия внешних условий на «действия и привычки» живых организмов.

Развитию экологических взглядов биологов XIX века способствовали труды немецкого путешественника и географа Александра Гумбольдта, заложившего основы ботанической географии, в том числе ее экологического направления.

Временем возникновения экологии как науки можно считать середину XIX века, однако, как признанная самостоятельная научная дисциплина экология оформилась около 1900 г.

В 1866 г. молодой немецкий биолог Эрнст Геккель в своем капитальном труде «Всеобщая морфология организмов», классифицируя разделы биологии, впервые употребил термин «экология», которым к концу XIX века начали пользоваться многие биологи, причем не только в Германии, но и в других странах.

Если Геккеля можно считать в какой-то мере праотцом новой науки, интуитивно предвосхитившим всю значимость и глобальность экологии, то Чарлз Дарвин заложил ее биологический фундамент – то основание, на котором в дальнейшем росло экологическое знание. Вывод Дарвина о

существующей в природе постоянной борьбе за существование принадлежит к числу центральных проблем экологии.

Важным шагом на пути экологии к описанию целостных природных комплексов стало введение немецким гидробиологом Карлом Мёбиусом в 1877 г. понятия о биоценозе. Тем самым были заложены основы важного направления в экологии - биоценологии.

В 20-30-е гг. XX века. Были сформулированы основные задачи изучения популяций и сообществ, предложены математические модели роста численности популяций и их взаимодействий, проведены лабораторные опыты по проверке этих моделей.

На этом этапе развития экологии остро почувствовалась нехватка базовой единицы изучения. У других оформившихся наук такая единица присутствовала. В физике это был атом, в гистологии - ткань, в физиологии - орган, в цитологии - клетка. Отсутствие четко определяемой единицы изучения несколько тормозило развитие экологии.

Такой единицей изучения стала *экологическая система*, или *экосистема*. Ее можно определить как ограниченное во времени и пространстве единство, включающее не только все обитающие в нем организмы, но и физические характеристики климата и почв, а также все взаимодействия между различными организмами и между этими организмами и физическими условиями.

Примером экосистемы может служить тропический лес в определенном месте и в конкретный момент времени, населенный тысячами видов растений, животных и микробов, живущих вместе, и связанными миллионами происходящих между ними взаимодействий.

Термин «экосистема» впервые был предложен английским экологом Артуром Тенсли в 1935 г., но, конечно, представления о ней возникло значительно раньше.

В конце XIX века в естествознании утвердился термин *биосфера* - сфера жизни. Она включает в себя все области нашей планеты, освоенные жизнью. Это и атмосфера, и океан, и все части земной поверхности, где утвердилась жизнь в любых ее формах.

Огромное влияние на развитие экологии оказали работы выдающегося русского геохимика В. И. Вернадского. Он посвятил себя изучению процессов, протекающих в биосфере, и разработал теорию, названную им биогеохимией, которая легла в основу современного учения о биосфере. Впервые вся живая оболочка планеты предстала как единое целое - могучее, сложное и в то же время хрупкое образование. Из учения В.И.Вернадского вытекала необходимость комплексного изучения живых, косных и биологических компонентов биосферы в их динамическом единстве.

К концу двадцатого столетия происходит своего рода «экологизация» современной науки. Это связано с осознанием огромной роли экологических

знаний, с пониманием того, что деятельность человека зачастую не просто наносит вред окружающей среде, но и, воздействуя на нее негативно, изменяя условия жизни людей, угрожает самому существованию человечества. Экология становится теоретической основой для рационального использования природных ресурсов.

В настоящее время в экологии выделяют ряд научных отраслей и дисциплин: популяционная экология, географическая экология, химическая экология, промышленная экология, экология растений, животных, человека.

Несмотря на все многообразие, в основе всех направлений современной экологии лежат фундаментальные биологические идеи об отношении живых организмов с окружающей их средой.

Таким образом, всю историю развития экологии можно условно разделить на пять этапов.

**I этап** - накопление экологических сведений о взаимодействии растений и животных со средой в рамках ботаники и зоологии. Этот этап продолжался с глубокой древности до конца XVIII в.

Данный этап развития экологии является самым длительным, и поэтому его подразделяют на 3 периода.

1. Период древнегреческих философов. В этом периоде накопленные экологические сведения нашли свое отражение в трудах древнегреческих философов.

2. Период древнегреческого застоя. В этом периоде накопление экологических сведений не происходило, поскольку в науке доминирующей была теологическая теория происхождения жизни и виды считались неизменными, влияние среды вообще отрицалось.

3. Период эпохи Возрождения. В эту эпоху великие географические открытия послужили толчком дальнейшего развития различных наук, в том числе и экологии.

**II этап** - формирование экологических направлений в рамках ботанической и зоологической географии. Он продолжался с конца XVIII до середины XIX в. На этом этапе быстро развивалась наука биогеография, которая состояла из двух разделов: ботаническая география и зоологическая география, в рамках которых экологические сведения анализировались и на основании этого формировались экологические направления.

**III этап** - формирование экологии растений и экологии животных как наук об адаптационных организмах к среде обитания. Данный этап продолжался с середины XIX до начала XX в. Он начинается с момента выхода в свет книги И. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранения благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» в 1859 г. В это время вышла работа Э. Геккеля «Всеобщая морфология организмов».

**IV этап** - становление экологии как общебиологической науки, являющейся теоретической базой охраны природы. Продолжался он с начала XX в. по 60-ые гг. Этап знаменателен тем, что темпы развития экологии существенно ускорились и она сформировалась как общебиологическая наука. Этому способствовало появление и развитие новых научных направлений. В 1923-27 гг. В.И. Вернадский создал учение о биосфере как глобальной биологической системе планеты Земля.

**V этап** - развитие глобальной экологии с выделением в ее рамках антропоэкологии (экологии человека). Начался данный этап с 60-х – 80-х г. XX в. и продолжается в настоящее время. Экология начала развиваться такими мощными темпами, что стала проникать во все сферы человеческого знания и человеческой деятельности. Возникли пограничные науки: математическая экология, экологическая биохимия. Появились – промышленная экология, сельскохозяйственная экология, медицинская экология, экономическая экология, социальная и др.

Современный этап развития экологической науки характеризуется признанием того, что проблемы окружающей среды затрагивают все страны мира. Определены приоритетные проблемы глобального характера, такие, как изменения в озоновом слое атмосферы, повышенное накопление углекислого газа, загрязнение океана, которые не имеют политических границ, и решение которых возможно только при объединении усилий ученых многих стран.

### **1.3. Современное определение экологии**

Существует много определений экологии, однако подавляющее большинство современных исследователей считает, что экология - это наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают.

Экология - наука сравнительно молодая и находится еще пока в фазе становления. Это связано с тем, что она в той или иной мере затрагивает почти все сферы жизнедеятельности живых организмов (и их совокупностей) и деятельности человека.

По своему зарождению и особенно развитию экология весьма отличается от других наук, большинство из которых, например, биологию, можно представить в виде ствола дерева, от которого отходят многочисленные ветви (цитология, гистология, физиология и т.п.). Экология же представляет собой как бы массу корней, которые, сливаясь воедино, образуют единый ствол: вначале идут ботаника, зоология, климатология, почвоведение и физическая география, затем биохимия и микробиология, высшая математика (для построения моделей) и, наконец, социология, география населенности,

психология и даже экономика. Именно это широкое слияние дисциплин придает экологии силу, вооружает ее средствами для поиска решений все более сложных проблем окружающей среды.

Специфика современной экологии в том, что она из строго биологической науки превратилась в значительный цикл знаний, вобрав в себя разделы географии, геологии, химии, физики, социологии, теории культуры, экономики, информатики и других наук. Современная экология - биологизированная биоцентричная наука, но не биология. Биологическая ее составляющая - это взгляд от живого на окружающую его среду и от этой среды на живое.

Для экологии характерен широкий системный межотраслевой взгляд. Грубо говоря, экологию можно трактовать как науку о выживании в окружающей среде. И среда эта может быть разная: и микроструктура, и макро- и даже мегаявление. И методики в этом исследовании могут быть самыми разнообразными - от описательных до аналитических, синтетических и прочих. Такая экология уже совсем не биология и никакая иная наука, она сама по себе, новый раздел знания, равный, а может быть и более широкий, чем математика, физика, химия и так далее, но отнюдь не философия, что следует из самого определения науки о выживании.

**Впервые термин «экология» предложил немецкий зоолог Эрнст Геккель в 1886 г.** Он определил экологию как область знаний, изучающую экономику природы - исследование общих взаимоотношений животных как с живой, так и с неживой природой.

Слово «экология» произошло от греческих слов «ойкос» - дом, жилище, местопребывание и «логос» - наука. В дословном переводе слово «ойкос» означает «домоводство», что может быть сопоставимо со значением «домашнее хозяйство».

В последнее время наблюдается искажение истинного смысла и значения термина экология. Слово «экология» с легкой руки непрофессионалов стало применяться довольно широко, охватывая при этом все формы взаимосвязей человека и окружающей среды, оно постепенно утратило значение строго научного термина, употреблявшегося только экологами, и приобрело многообразный расхожий социальный, а порой и политический смысл.

Экологию стали трактовать прежде всего как науку об охране и рациональном использовании природы. Дело дошло до того, что многие не понимают разницы между экологией, охраной природы и рациональным природопользованием. Они считают, что экология – это что-то про чистую воду, чистый воздух, про промышленные выбросы и про то, что нельзя рвать растения и браконьерничать.

Следует заметить: чтобы управлять окружающей средой, ее нужно знать, то есть представлять, как те или иные ее изменения отражаются на человеке и обществе, к каким последствиям ведут. И здесь на помощь приходит экология. Потребности экологии стимулировали углубление знаний о механизмах развития различных природных сред, подвергающихся непосредственному воздействию человека, - воздушного бассейна, водных ресурсов, почвенного покрова, ледников, пустынь, горных областей, лесных экосистем.

Современная экология ориентирует все науки на поиски гармонических взаимосвязей человека и природы, создает научные основы рационального использования природных и биологических ресурсов и охраны природы. В последнее время наблюдается смешение таких понятий, как экология, охрана природы, охрана окружающей среды и природопользование. Поэтому следует особо подчеркнуть самостоятельность экологии как фундаментальной основы всех областей природоохранного знания, конечная цель которых - сохранение среды обитания человека, природы Земли ради здоровья и жизни людей.

Отметим кратко, разделение таких понятий, как охрана природы, охрана окружающей среды и природопользование.

**Охрана природы** нацелена на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей средой с целью его сохранения и восстановления природных ресурсов и предупреждения вредного влияния результатов хозяйственной деятельности на природу и здоровье человека.

**Охрана окружающей среды** концентрирует свое внимание прежде всего на потребностях самого человека. Это комплекс самых различных мероприятий (административно-хозяйственных, технологических, юридических, общественных и пр.), направленных на обеспечение функционирования природных систем, необходимых для сохранения здоровья и благосостояния человека.

**Природопользование** направлено на удовлетворение различных потребностей человека путем рационального использования природных ресурсов и природных условий. Задачи природопользования сводятся к разработке общих принципов осуществления всякой деятельности человека, связанной либо с непосредственным пользованием природой и ее ресурсами, либо с изменяющими воздействиями на нее. Рациональное природопользование предполагает обеспечение экономной эксплуатации природных ресурсов и условий с учетом перспективных интересов будущих поколений людей.

Охрана природы, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов - общечеловеческая задача, участвовать в решении которой должен каждый живущий на планете.

Определений экологии в современной научной литературе множество. И почти все они концентрируют внимание на взаимоотношениях между живыми организмами и средой их окружения.

Прежде всего следует помнить, что экология – это наука, изучающая отношения организмов между собой и окружающей средой, между которыми возникает множество разнообразных связей. Организмы же, благодаря этим связям, существуют в природе не как хаотичные скопления, а образуют определенные сообщества - природные системы. К таким системам относятся популяции, биоценозы, экосистемы и биосфера (о них речь пойдет ниже).

В настоящее время подавляющее большинство экологов считает, что экология – это наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают.

Наиболее общепринятое определение экологии приводится ниже.

**Экология – это наука, которая изучает взаимоотношения организмов между собой и с окружающей их средой, а также структуру и организацию биологических систем различного уровня (популяции, биоценозы, экосистемы).**

Так как все живое организовано в экосистемы (вся биосфера в целом - это тоже экосистема высокого уровня), то человек также оказывается включенным в многочисленные экологические взаимосвязи.

#### 1.4. Структура экологии

Экологию можно подразделить на две большие ветви: общую экологию и частную (специальную). **Общая экология** (биоэкология) изучает популяции, взаимоотношения между организмами, организмом и средой, экологию сообществ (биогеоценозов), природные комплексы и биосферу.

**Частная или специальная экология** занимается изучением экологических аспектов конкретных таксономических групп организмов (экология млекопитающих, экология человека и т.д.) или сообществ (экология сельскохозяйственных экосистем - агроэкология, растительных сообществ - фитоценология и т.д.).

В последнее время в связи с бурным развитием научно-технического прогресса в руках человека оказались весьма совершенные механизмы и научные технологии. Человек расширил поле своей деятельности от микромира (клетка, клеточные структуры) до макромира (исследования космоса и отдаленных галактик).

Взаимодействуя с природой на всех этапах своей жизнедеятельности человечество столкнулось с проблемой безопасности жизнедеятельности. Развитие промышленности, сельскохозяйственного производства привело к возникновению негативных факторов, одинаково влияющих как на окружающую человека природу, так и на самого человека. Возникло новое направление экологии - прикладная экология. Такая экология - промышленная (инженерная), сельскохозяйственная, промысловая изучает возможность использования природных ресурсов и среды жизни, допустимые нагрузки на них, формы управления и хозяйствования. Она исследует воздействие промышленности, транспорта, сельского хозяйства на природу и, наоборот, влияние естественной природной среды на функционирование промышленных предприятий и сельскохозяйственных комплексов.

Современная экология представляет собой своеобразное трехуровневое сооружение. В основании, на первом уровне, находятся отдельные особи. Уровнем выше располагаются популяции и сообщества, и последний уровень занимают экосистемы. Каждый уровень характеризуется своими структурными и функциональными характеристиками.

В зависимости от типа изучаемой биологической системы в экологии разделяют следующие разделы.

**Аутэкология** (от греч. слова «autos» – сам) – раздел экологии, изучающий взаимоотношение организма с внешней средой, в основе которых лежат его морфофизиологические реакции на воздействие среды. С изучения этих реакций начинается любое экологическое исследование. В аутэкологии изучаются различные состояния организма и реакции на внешнее воздействие в различные периоды жизни (сезонная и суточная активность). Большое место занимают исследования влияния на организм естественной и искусственной радиоактивности, техногенного загрязнения.

**Дэмэкология** (от греч. «demos» – народ) изучает естественные группировки особей одного вида, то есть популяции. Важнейшая задача дэмэкологии – выяснение условий формирования популяций, а также внутривидовых группировок и их взаимоотношений, структуры, динамики, численности популяции.

**Эйдэкология** (от греч. «eidos» – образ, вид) или экология видов, наименее разработанный раздел современной экологии.

**Синэкология** (от греч. «syn» – вместе) или экология сообществ (биоценология) изучает ассоциации популяции разных видов растений, животных и микроорганизмов, образующих биоценозы, их формирование и развитие, структуру, динамику, взаимодействие с физико-химическими факторами среды, энергетику, продуктивность, а также другие особенности.

Между разделами экологии существует тесная взаимосвязь и преемственность.

В современной экологии среди множества подходов к решению тех или иных задач выделяются два. Это подход экосистемный и подход популяционный. Оба подхода дополняют друг друга и в совокупности охватывают всю экологию.

При **экосистемном подходе** объектом исследования является комплекс живых организмов, которые находятся в тесной взаимосвязи между собой и в совокупности с неживыми факторами среды. Эти совокупности - экосистемы - определяются главным образом круговоротом основных биогенных элементов, рассматриваемых в определенном пространственно-временном масштабе. Их границы условны, а размерность (величина) различна. Это может быть и лужа воды, и озеро, и лесной массив, и участок океана, и вся Земля в целом.

**Популяционный подход** рассматривает совокупность особей одного вида, обитающих на определенной территории как особые структурно-функциональные единицы - популяции. Основные вопросы, которые изучает эколог-популяционист, это выявление факторов, которые ограничивают распространение тех или иных популяций, соотношение разных возрастных групп и половые различия между особями, составляющими данную популяцию.

### 1.5. Предмет и объекты изучения экологии

Элементарной единицей в круговороте веществ и основной формой организации живой материи является вид. Эволюция видов - основной вопрос эволюционной теории.

Экологов интересуют не эволюционные процессы, а поведение отдельных организмов, особей, составляющих вид в том или ином природном окружении, воздействие на них определенного комплекса окружающих условий (факторов среды). Одними из основных таких факторов являются климатические (освещенность, температура, влага и т.п.). Например, растения теплых местообитаний не смогут произрастать в нашем климате, а наши лесные звери в условиях повышенной температуры воздуха будут страдать от недостатка влаги. Так же для водных и почвенных организмов вода и почва являются главными и основными средами обитания.

Таким образом, **организмы, изучение их поведения при воздействии различных факторов окружающей среды и их реакция на эти воздействия являются одним из объектов изучения экологии.**

Следующий объект изучения экологии представляет собой группировку особей, которые составляет тот или иной вид живых организмов. Такие группы называют популяциями. Здесь мы имеем дело уже не с отдельной особью, но с их совокупностью, а значит факторы

окружающей среды начинают влиять уже на группу организмов, на изменение ее численности и состава.

Отличительная особенность популяции состоит в том, что ее свойства, как цельного образования, отличаются от свойств отдельных особей.

Скажем, поймав муравья возле муравейника, мы можем описать его характеристики, его поведение, повадки и т.д. Но на основании этих характеристик мы не сможем описать характерные особенности муравейника в общем, как целой системы. Один муравей – это отдельная особь. Совокупность муравьев – это популяция, объединяющая в себе множество особей одного определенного вида, каждая из которых индивидуально неповторима. Все вместе они образуют своеобразную «общность», живущую по своим законам, отличным от законов каждого его члена. Это же касается и любой популяции, в том числе и популяции человека.

**Итак, еще одним объектом экологии является группировка особей одного вида – популяция.**

Исследованием закономерностей существования, структуры, поведения популяций занимается популяционная экология.

Вполне очевидно, что живые организмы, составляющие популяции (как и сами популяции) встречаются на Земле не в любых случайных сочетаниях, а образуют закономерные комплексы – сообщества.

В природе популяции разных видов всегда обитают совместно и образуют цельное природное сообщество, которое называется биоценоз – совокупность всех популяций биологических видов на данной территории. Это довольно устойчивое биологическое образование, так как обладает способностью к самоподдержанию своих природных свойств и видового состава при внешних воздействиях, вызываемых обычными изменениями климатических и других факторов.

**Таким образом, мы имеем следующий объект изучения экологии – биоценоз (или сообщество).**

Исследованием биоценозов занимается направление экологии, которое называется биоценология.

Говоря о популяциях и сообществах мы рассматривали только взаимодействия самих живых организмов, вне взаимосвязи их с окружающей средой. В живой природе особи и популяции контактируют друг с другом, находятся во взаимодействии, воздействуют друг на друга, но это не происходит в отрыве от окружающей эти особи и популяции окружающей среды. Следовательно, факторы среды, в пределах которых происходит взаимодействие особей и популяций, являются важной характеристикой. Совокупность всех факторов среды в пределах которых существует биоценоз, жизненное пространство, занимаемое биоценозом, называется биотоп.

Биотоп (окружающая среда, факторы среды) вместе с сообществом (живыми организмами) образуют единую природную систему, которая называется экологическая система, или экосистема.

Центральным разделом экологии является изучение экосистем, которые, по сути, являются тем, что мы обычно называем окружающей нас природой. В отличие от популяции или сообщества экологическую систему можно считать самостоятельным объектом - в ней имеется все, что необходимо для ее существования.

Поэтому **экосистемы являются главным предметом изучения в экологии.**

### **Вопросы для повторения**

1. Что изучает экология?
2. Дайте определение науки «экология».
3. Почему экология в начале XXI в. стала одной из важнейших наук?
4. Что является основным предметом изучения экологии?
5. Перечислите объекты изучения экологии.
6. Какие разделы и направления выделяются в современной экологии?

## **ГЛАВА 2. СРЕДА ОБИТАНИЯ**

### **2.1. Понятие о среде обитания**

Все живые организмы непрерывно находятся во взаимодействии с окружающими их природными объектами и явлениями. Они потребляют из окружающей среды необходимые вещества и выделяют в нее продукты обмена, которые, в свою очередь, могут быть использованы другими организмами. Не только продукты обмена, но и сами организмы становятся пищей для других живых существ. Все эти процессы протекают в сложной, динамичной обстановке естественной среды обитания и находятся под постоянным воздействием комплекса факторов. Совокупность этих факторов составляют условия жизни организма.

Об историческом единстве живых организмов и их окружения еще в прошлом столетии писал выдающийся физиолог И.Сеченов: «Организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен; поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него».

Понятие «окружающая среда» было введено в экологию немецким биологом Я. Юкскюлем (1864–1944), который считал, что живые существа и среда их обитания образуют вместе единую систему окружающей нас

действительности. Окружающая среда – это пища и вода, воздух для дыхания, климатические факторы, субстрат, почва, растительные и животные организмы и всё другое, без чего не может существовать данный организм. Концепция «окружающей среды» положила начало экспериментальным исследованиям взаимоотношений организмов со средой их обитания.

Согласно общепризнанному определению известного эколога Николая Павловича Наумова, *среда - все, что окружает организмы, прямо или косвенно влияет на их состояние, развитие, выживание и размножение.*

Таким образом, **среда обитания - это та часть природы, которая окружает живой организм и с которой он непосредственно взаимодействует.**

Составные части и свойства среды многообразны и изменчивы. Среда каждого организма складывается из множества элементов неорганической и органической природы и элементов, привносимых человеком и его производственной деятельностью. При этом одни элементы могут быть частично или полностью безразличны организму, другие необходимы, а третьи оказывают отрицательное воздействие. Любое живое существо живет в сложном и меняющемся мире, постоянно приспособляясь к нему и регулируя свою жизнедеятельность в соответствии с его изменениями.

Если происхождение природных явлений не связано с жизнедеятельностью ныне живущих организмов, то мы имеем дело с **абиотической**, или неживой средой обитания.

Это совокупность абиотических условий обитания организмов: различные физические характеристики климата, химические характеристики воды, почвы, характер субстрата, радиационный фон и т.п.

Все живое, окружающее организм в среде обитания, составляет **биотическую** среду - совокупность живых организмов, оказывающих своей жизнедеятельностью влияние на другие организмы.

В. И. Вернадский (1863-1945) сформулировал закон единства организма и среды его обитания как основную закономерность системы «среда-организм» - *жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов.* Звучит банально, но самая главная и важная закономерность в системе «среда-организм» - это неразрывная связь и взаимное влияние среды и организма. Сообщества организмов и их среда обитания развиваются как единое целое. Организмы постоянно изменяют физическую и химическую природу веществ, отдавая в среду новые соединения и источники энергии.

Так, состав морской воды и донных илов в значительной мере определяется активностью морских организмов. Организмы влияют на состав атмосферы. До того как появились первые зелёные растения, атмосфера

Земли состояла в основном из метана, аммиака, водяных паров и водорода. Сейчас их место в атмосфере частично занял кислород, высвобождающийся в процессе фотосинтеза. Существенно влияют организмы и на свойства почвы. Корни растений проникают в трещинки, и даже самые маленькие из них способствуют измельчению породы. Бактерии и грибы ускоряют выветривание горных пород. Грибы выделяют кислоты, растворяющие минеральные вещества, которые затем вымываются из породы, ослабляя её кристаллическую структуру и ускоряя разрушение. Животные также участвуют в процессе почвообразования, прорывая в земле норы и ходы, вытаптывая её, а также внося в неё свои экскременты.

Свойства среды постоянно меняются, и любое существо, чтобы выжить, приспосабливается к этим изменениям. Приспособления к постоянно меняющимся – в течение суток, года, жизни – условиям жизни, или факторам среды, называются *адаптациями*. Способность к адаптациям – одно из основных свойств жизни на нашей планете, обеспечивающее возможность существования организмов, возможность их выживания и размножения. Многообразие организмов, их изменчивость и сохранение в природе, их становление и существование являются результатом воздействия окружающей среды и способности приспосабливаться.

Одной из главных задач экологии является изучение адаптаций организмов и экосистем к условиям жизни, или экологическим факторам. Изучение реакций организма на воздействие факторов среды позволяет выявить не только пределы, в которых он может существовать, но и физиологические и морфологические изменения, характерные для данных особей. С изучения этих реакций начинается любое экологическое исследование.

Таким образом, важнейшими взаимообусловленными понятиями в экологии и, в частности, аутоэкологии, наряду со средой обитания, являются экологический фактор, то есть фактор окружающей среды, воздействующий на организм, и адаптации организма к этим факторам (рис.2.1.1.).

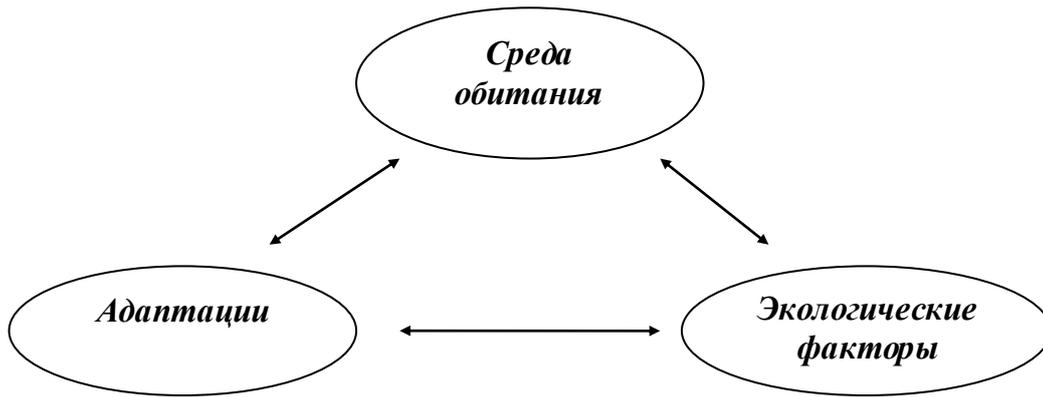


Рис. 2.1.1. Основные понятия аутэкологии

## 2.2. Среды жизни

Важнейшая задача экологии - детальное изучение количественными методами среды обитания различных организмов.

На Земле существует огромное разнообразие условий сред жизни, что обеспечивает разнообразие экологических ниш и их «заселение».

Однако, несмотря на это разнообразие, различают **четыре качественно различные среды жизни**, обладающие специфическим набором экологических факторов, и, следовательно, требующих специфического набора адаптаций:

- водная;**
- наземно-воздушная (суша);**
- почва;**
- живые организмы.**

Водная среда была первой, в которой возникла и распространилась жизнь. В дальнейшем живые организмы заселили и приспособились к наземно-воздушной среде, затем создали и заселили почву. Четвертой специфической средой жизни являются сами живые организмы, каждый из которых представляет собой целый мир для населяющих его паразитов или симбионтов.

Первые три разновидности среды жизни составляют абиотическую среду, живые организмы – биотическую среду (рис.2.2.1.).



Рис.2.2.1. Классификация сред жизни.

### 2.3. Водная среда

Вода входит в состав всех элементов биосферы и является составной частью не только водоемов, но и воздуха, почвы, живых существ. Это один из основных источников жизни, без которого невозможно существование ни животных, ни растений, ни человека.

Совокупность всей воды на планете носит название *гидросфера*.

Вода покрывает более  $\frac{2}{3}$  поверхности Земли (71% площади земного шара). Большая часть воды, около 95%, находится в морях и океанах. Средняя глубина океанов (3~5 км) превышает среднюю высоту суши над уровнем моря, поэтому даже если всю Землю затопить проливными дождями, на суше не поместится столько воды, сколько вмещают океаны. Все океаны соединяются между собой, образуя единый Мировой океан.

Второе место по объему воды занимают ледники, в полярных льдах содержится около 1,2% воды. Мощные ледовые щиты, покрывающие огромные пространства суши и достигающие нескольких километров в толщину, находятся вдали от обжитых мест - в Антарктиде и Гренландии. Почти столько же воды содержится под поверхностью Земли. Эти гигантские запасы питают многие реки и, главное, дают жизнь засушливым районам планеты. Так, население Австралии живет в основном за счет подземных вод. Ну и, наконец, совсем малая часть вод Земли, менее 0,5%, приходится на так называемые воды суши - реки, ручьи, озера и болота.

Соотношения распределения водных масс в биосфере Земли постоянны, хотя в природе, не переставая, идет круговорот воды, при этом вода переходит из жидкого в газообразное и твердое состояния и обратно. Часть воды, испарившейся с поверхности океанов, выпадает в виде осадков в океан,

совершив, так называемый, малый круговорот. Другая часть воды в виде водяного пара, переносимого воздушными течениями, достигает суши. Атмосферные осадки, выпавшие на суше, частью просачиваются в почву и образуют подземный сток, частью стекают по земной поверхности, образуя ручьи и реки, а в остальной части снова испаряются, в том числе и через процесс биологического испарения, связанного с жизнедеятельностью растений (транспирация) и животных. В конце концов, она снова достигает океана, завершая большой круговорот воды на земном шаре.

Подсчитано, что приблизительно за 2 млн. лет вся вода на планете проходит через живые организмы, средняя продолжительность общего цикла обмена воды, привлеченной в биологический кругооборот, составляет 300—400 лет. Приблизительно 37 раз в год (то есть каждые десять дней) изменяется вся влага в атмосфере.

Уникальные свойства воды определяют особую ее миссию в формировании поверхности планеты Земля, ее ландшафтов, физической и химической среды, в развитии экзогенных процессов, переносе химических веществ вглубь Земли и на ее поверхности, а также в появлении и поддержании удивительного явления - жизни.

Гидросфера важна для развития жизни не только в химическом смысле, велика также ее роль в поддержании относительно неизменного климата, что позволило жизни воспроизводиться в течение более трех миллиардов лет. Вода – великий распределитель тепла на Земле. Нагретая Солнцем у экватора, она переносит тепло гигантскими потоками морских течений в Мировом океане. Вода обладает очень высокой *теплоемкостью*, т. е. свойством накапливать и удерживать тепло. Нужны большие затраты энергии для превращения льда в жидкость и жидкой воды в пар. Эти свойства определяют роль воды как аккумулятора энергии и главного регулятора климата на Земле, нейтрализатора экстремальных температур.

По мнению большинства авторов, изучающих возникновение жизни на Земле, эволюционно первичной средой жизни была именно водная среда. Значение воды в процессах жизнедеятельности определяется тем, что она является основной средой в клетке, где осуществляются процессы метаболизма, служит важнейшим исходным, промежуточным или конечным продуктом биохимических реакций. Напомним, что человек почти на 60-70% состоит из воды. Свойства водной океанической среды во многом определили химико-физическую эволюцию всех форм жизни.

Вода - среда обитания многих водных организмов. Одни из них всю жизнь проводят в воде, а другие находятся в водной среде лишь часть своей жизни. В водной среде обитает около 150 000 видов животных и 10 000 растений. Наибольшим разнообразием жизни отличаются теплые моря и океаны (40000 видов животных) в области экватора и тропиках, к северу и югу происходит обеднение флоры и фауны морей в сотни раз. Что касается

распределения организмов непосредственно в море, то основная масса их сосредоточена в поверхностных слоях.

Из воды они получают все необходимые для жизни вещества: пищу, воду, газы. Поэтому как бы ни было высоко разнообразие водных организмов, все они должны быть приспособлены к главным особенностям жизни в водной среде. Эти особенности определяются физическими и химическими свойствами воды.

Пожалуй, главной отличительной особенностью водной среды является ее относительная *консервативность*. Амплитуда сезонных или суточных колебаний температуры в водной среде намного меньше, чем в наземно-воздушной. Такой важный фактор для суши как влажность в воде также не имеет значения («вода всегда мокрая»). Таким образом, организмы, обитающие в водной среде, приспособлены к узкому интервалу воздействия факторов данной среды обитания. За счёт сравнительной выравненности условий этой среды разнообразие организмов намного ниже, чем на суше.

Характерными свойствами водной среды, отличными от суши, являются высокая плотность, подвижность, кислотность, способность растворения газов и солей. Для всех этих условий у обитателей этой среды (гидробионтов) исторически выработаны соответствующие приспособления-адаптации.

Большое экологическое значение имеют *высокая плотность и вязкость* воды. Плотность воды примерно в 800 раз выше плотности воздуха, а вязкость примерно в 55 раз выше, чем у воздуха. Поэтому водные организмы (особенно, активно движущиеся) сталкиваются с большой силой гидродинамического сопротивления. Эволюция многих групп водных животных по этой причине шла в направлении формирования формы тела и типов движения, снижающих лобовое сопротивление, что приводит к снижению энергозатрат на плавание. Так, обтекаемая форма тела встречается у представителей различных групп организмов, обитающих в воде, - дельфинов (млекопитающих), костистых и хрящевых рыб.

Высокая плотность воды является также причиной того, что механические колебания (вибрации) хорошо распространяются в водной среде. Это имело важное значение в эволюции органов чувств, ориентации в пространстве и коммуникации между водными обитателями. Вчетверо большая, чем в воздухе, скорость звука в водной среде определяет более высокую частоту эхолокационных сигналов.

В связи с высокой плотностью водной среды ее обитатели лишены обязательной связи с субстратом, которая характерна для наземных форм и связана с силами гравитации. Поэтому есть целая группа водных организмов (как растений, так и животных), существующих без обязательной связи с дном или другим субстратом, «парящих» в водной толще. Большинству растений свойственна плавучесть, у них очень слабо развиты или вовсе

отсутствуют механические ткани – им опора сама вода. Характерно активное вегетативное размножение, развитие гидрохории – вынос цветоносов над водой и распространение пыльцы, семян и спор поверхностными течениями.

Высокая плотность водной среды определяет особый состав и характер изменения жизнеобеспечивающих факторов. Благодаря высокой плотности среды, значения тепла и света с градиентом высоты изменяются гораздо быстрее, чем на суше, что определяет вертикальную зональность обитателей этой среды.

Интенсивность света в воде сильно ослаблена из-за его отражения поверхностью и поглощения самой водой. В океанах, где вода очень прозрачна, на глубину 140 м проникает 1% световой радиации, а в небольших озерах на глубине 2 м проникает всего лишь десятые доли процента. Это сказывается на развитии фотосинтезирующих растений. В светлых зонах, на мелководьях, преобладают зеленые водоросли, хлорофилл которых поглощают красные лучи, с глубиной они сменяются бурыми и далее красными, поглощающими зелёные лучи. Предельная глубина фотосинтеза 150 м, поэтому на больших глубинах растения отсутствуют.

Как мы уже говорили, практически единственным источником энергии для всех живых организмов является солнечная энергия, усваиваемая растениями и другими фотосинтезирующими организмами. Существование экосистем на глубинах, куда солнечный свет не попадает, возможно, главным образом, благодаря так называемому «трупному дождю» - опусканию на дно органических остатков, которые и используются обитателями глубинных экосистем. Определенную роль играет и хемосинтез, то есть производство органических веществ не благодаря энергии света (как в фотосинтезе), а благодаря энергии химических реакций.

Одним из наиболее важных свойств воды является способность растворять в себе другие вещества, которые могут использоваться водными организмами для дыхания и питания. Для дыхания необходим кислород, поэтому насыщенность им воды имеет очень большое значение.

Содержание кислорода в воде примерно в 20 раз ниже, чем в атмосфере. На растворимость влияют температура воды и количество растворенных солей: при понижении температуры растворимость кислорода растет, при повышении солености - снижается. Запас кислорода в воде пополняется благодаря диффузии из воздуха и фотосинтезу водных растений. Как уже упоминалось, важнейшим фактором, обеспечивающим фотосинтетическую продукцию кислорода, является свет, проникающий в толщу воды. Таким образом, содержание кислорода меняется в воде в зависимости от времени суток, времени года и местоположения.

Некоторые рыбы очень чувствительны к дефициту кислорода (форель, гольян, хариус) и потому предпочитают холодные горные реки и ручьи. Другие рыбы (карась, сазан, плотва) неприхотливы к содержанию кислорода

и могут жить на дне глубоких водоемов. Многие водяные насекомые, личинки комаров, легочные моллюски тоже толерантны к содержанию кислорода в воде, потому что они время от времени поднимаются к поверхности и заглатывают свежий воздух. Снижение концентрации кислорода может стать причиной гибели многих обитателей водных экосистем.

Дыхание водных организмов может совершаться всей поверхностью тела или специальными органами — жабрами. Для многих организмов необходимо поддержание постоянного тока воды. Это может обеспечиваться движением самого животного или особыми приспособлениями, например колеблющимися ресничками или щупальцами, которые производят возле рта водоворот, загоняющий в него пищевые частицы.

Содержание углекислого газа в воде достаточно – примерно в 150 раз больше, чем в атмосфере, т.к. он хорошо растворяется в воде. Кроме того, в воду поступает  $\text{CO}_2$ , образующийся при дыхании и разложении, а также из почвы или подземных источников. Углекислый газ образует карбонаты, используемые организмами для построения раковин, панцирей (раковины моллюсков, покровы ракообразных, каркасы радиолярий и др.). Особенно много углекислого газа содержится в океанических водах, которые играют огромную роль в круговороте  $\text{CO}_2$  в окружающей среде. Углекислый газ необходим планктону и водным растениям для их фотосинтеза.

Течение не только сильно влияет на концентрацию газов и питательных веществ, но и прямо действует как лимитирующий фактор. Многие речные растения и животные морфологически и физиологически особым образом приспособлены к сохранению своего положения в потоке: у них есть вполне определенные пределы толерантности к фактору течения.

Высокая электропроводность воды открыла возможность эволюционного формирования электрических органов чувств, обороны и нападения у обитателей этой среды.

В зависимости от способа передвижения и пребывания в определенных слоях, морские обитатели подразделяются на три экологические группы: **планктон**, **нектон** и **бентос**.

**Планктон** (от греч. «planktos» – блуждающий, парящий) – совокупность растений (фитопланктон: диатомовые, зеленые и сине-зеленые водоросли, растительные жгутиконосцы и др.), мелких животных организмов (зоопланктон: мелкие ракообразные, из более крупных – крылоногие моллюски, медузы, гребневики, некоторые черви) и простейших (бактериопланктон, который можно рассмотреть только под микроскопом), обитающих на разной глубине, но не способных к активным передвижениям и к противостоянию течениям. Способность их к парению обеспечивается не только физическими свойствами воды, обладающей выталкивающей силой, но и специальными приспособлениями самих организмов. Многие

простейшие передвигаются при помощи колеблющихся ресничек (инфузории) или жгутиков (эвглена).

Другой пример — медузы. Их способность удерживаться в толще воды определяется не только характерной формой тела, напоминающей парашют, но и тем, что плотность тела медуз очень близка к плотности воды.

В состав планктона входят и личинки животных (десятиногие, усоногие и веслоногие ракообразные, иглокожие, полихеты, рыбы, моллюски и др.), которые, взрослея, переходят в нижние слои водоёмов. Планктон играет важную роль в трофических связях биосферы, т.к. является пищей для многих водных обитателей, в том числе основным кормом для усатых китов.

**Нектон** (от греч. «nekto» — плавающий) — активно передвигающиеся крупные животные, способные преодолевать большие расстояния и сильные течения: рыбы, кальмары, ластоногие, киты. В пресных водоёмах к нектону относятся и земноводные и множество насекомых.

К передвижению в водной среде животные приспособлены по-разному. Активные пловцы (рыбы, дельфины и др.) имеют характерную обтекаемую форму тела и конечности в виде плавников. Их быстрое плавание облегчается также особенностями строения внешних покровов и наличием специальной смазки — слизи, снижающей трение о воду. У некоторых водных жуков выпущенный из дыхалец отработанный воздух задерживается между телом и надкрыльями благодаря не смачиваемым водой волоскам. С помощью такого приспособления водное насекомое быстро поднимается на поверхность воды, где выпускает воздух в атмосферу.

**Бентос** (от греч. «benthos» — глубина) — организмы, обитающие на дне водоёмов (морских или пресноводных), в грунте и на грунте. Различают фитобентос (высшие растения и водоросли), представленный в основном на мелководье, и зообентос (донные рыбы и многочисленные группы беспозвоночных). На глубине, где нет света, фитобентос отсутствует. Организмы бентоса служат пищей многим рыбам и животным. Некоторые представители зообентоса ведут прикрепленный образ жизни, другие ползают по дну или закапываются в грунт. У бентосных организмов часть жизненного цикла может протекать в планктоне.

В озерах зообентос менее разнообразен, чем в море, в отличие от растительного сообщества. Укореняющиеся прибрежные растения в озерах образуют четко выраженные пояса. В воде у самого берега растут **гидрофиты** — полупогруженные в воду растения (стрелолист, белокрыльник, камыши, рогоз, осоки, трищетинник, тростник). Они сменяются **гидатофитами** — растениями, погруженными в воду, но с плавающими листьями (лотос, ряски, кубышки) и полностью погруженными (рдесты, элодея, хара).

Как уже упоминалось выше, многие живые организмы проводят в водной среде только часть своей жизни. Все наши стрекозы откладывают яйца в воду или ткани водных

растений. Личинка стрекозы малоподвижна и хорошо приспособлена к жизни на дне водоёма. Дышит она трахейными жабрами. Личинка - хищник в водной стихии, как и взрослые стрекозы в воздушной среде.

В воде и только в воде откладывают икру все наши земноводные животные, такие как лягушки, жабы и тритоны. Икра земноводных животных плавает на поверхности воды, среди водных растений и благодаря чёрному цвету хорошо прогревается лучами весеннего солнца. Из икринок выходят личинки, носящие название головастиков. Питаются головастики растительной пищей. Чуть позже у головастиков отрастают конечности, и форма их тела заметно изменяется.

Вода - среда обитания и некоторых млекопитающих. Например, речной бобр. В далёком прошлом бобра считали рыбой! Так тесно связан он с водой. Бобра вода кормит, поит, даёт жильё и убежище от врагов. Самое маленькое млекопитающее – выхухоль. Она живёт у воды и здесь же находит себе пропитание.

Самое быстрое морское животное – касатка. Касатка развивает скорость до 65 км/ч. Это черно-белый кит из семейства дельфиновых, длиной около 8 метров и весом до 7 тонн. Касатку называют «китом убийцей», но это несправедливо: касатка убивает только свою добычу, так же, как и другие хищные животные.

Синий кит – самое большое животное на Земле. Его длина 35 м, а вес составляет около 130 тонн. Его вес равен весу 30 слонов, 150 легковых автомобилей или 1600 человек. В результате охоты на них численность синих китов резко уменьшилась; их количество оценивается сейчас в 10000 голов. Синий кит находится на грани исчезновения.

Одни из самых интересных обитателей морей - кораллы – это существа животного происхождения, ученые относят их к беспозвоночным животным. Кораллы очень отличаются друг от друга по форме, размеру и цвету. В борьбе за жизненное пространство кораллы могут переплетаться, разрушать друг друга и, в конце концов, срастаться. Прибавляя в среднем по одному метру жизненного пространства в течение века, по прошествии тысячи лет кораллы формируют рифы. Самый большой протянулся вдоль восточного побережья Австралии более чем на 2000 км. С точки зрения биологов и геологов, это одно из величайших чудес света. Его признали природным наследием, биосферным и морским парком. Большой Барьерный риф напоминает наполовину погруженную в воду крепостную стену. Это самое крупное коралловое формирование в мире: он настолько огромен, что его можно увидеть из космоса.

## 2.4. Наземно-воздушная среда

В ходе эволюции эта среда была освоена позже, чем водная. После достижения содержания кислорода в атмосфере равного 0,1 от современного, озоновый экран был уже в состоянии полностью защитить организмы от действия жесткой ультрафиолетовой радиации. С этого момента организмы смогли начать освоение суши как среды обитания. По расчетам учёных это должно было произойти около 400-600 млн. лет назад. В формировании условий наземно-воздушной среды жизни сами организмы играют первостепенную роль, и, прежде всего, - газового состава атмосферы. Практически весь кислород земной атмосферы имеет биогенное происхождение.

Наземно-воздушная среда характеризуется огромным разнообразием условий существования, экологических ниш и заселяющих их организмов; условия жизни здесь меняются во времени и в пространстве. Экологические факторы в наземно-воздушной среде отличаются от других сред обитания значительными колебаниями температуры и влажности воздуха, корреляцией всех факторов с географическим положением, сменой сезонов года и времени суток. В ходе эволюции у живых организмов выработались необходимые анатомо-морфологические, физиологические, поведенческие и другие адаптации. Данной среде свойствен более высокий уровень организации живого.

Основная особенность заключается в том, что данная среда газообразная, поэтому характеризуется низкими плотностью и давлением, высокими интенсивностью света и содержанием кислорода (около 21%), что в свою очередь определяет возможность формирования высокого энергетического уровня обмена веществ.

Плотность воздуха гораздо ниже плотности воды, поэтому освоение организмами суши сопровождалось усилением развития механических тканей. У наземных организмов сильно развиты внутренний и наружный скелет (скелет у позвоночных животных, хитиновые панцири у насекомых, механические ткани у растений). Это позволило им противостоять действию закона всемирного тяготения и ветра, а также обеспечило автономность передвижения по суше. Формы движения крайне разнообразны: бегание, прыгание, ползание, полет и т. д. По воздуху передвигаются птицы и многие насекомые, но ни один организм постоянно жить в условиях только воздушной среды не может, т.к. должен периодически опускаться на землю.

Температура воздуха может меняться очень быстро и на больших пространствах. Колебания температуры воздуха велики в разных природных зонах и в разные сезоны года. Воздух может охлаждаться до  $-80^{\circ}\text{C}$  и нагреваться до  $+50-60^{\circ}\text{C}$ . Поэтому живущие на суше организмы имеют многочисленные приспособления, позволяющие выдерживать резкие изменения температуры или избегать их. Наиболее замечательным приспособлением является развитие теплокровности, возникшее именно в наземно-воздушной среде.

Вместе с тем, здесь слабее выражены перепады давления, но часто возникает недостаток влаги. Атмосферный воздух отличается низкой и изменчивой влажностью. Поэтому у наземных обитателей развиты приспособления, связанные с обеспечением организма водой, особенно в засушливых условиях. У растений это мощная корневая система, водонепроницаемый слой на поверхности листьев и стеблей, способность к регуляции испарения воды через устьица. У животных, помимо особенностей строения внешних покровов, это и особенности поведения, способствующие поддержанию водного баланса, например миграции к водоемам.

Для жизни на суше потребовались более сложные механизмы размножения, исключавшие риск высыхания половых клеток. У растений появились семязачатки и завязи, появились переносимые ветром споры, семена и пыльца, у животных – внутреннее оплодотворение, яйца с плотной оболочкой и т.д.

Большое значение для жизни наземных организмов имеет состав воздуха (79 % азота, 21 % кислорода и 0,03 % углекислого газа), который обеспечивает химическую основу жизни. Появились органы, которыми сухопутные обитатели планеты усваивают кислород прямо из воздуха: у животных - легкие и трахеи, а у растений – устьичный аппарат. Снижение удельного количества кислорода в воздухе в зависимости от повышения высоты местности определяет верхнюю границу жизни животных. Люди, например, никогда не образовывали постоянных поселений на высоте свыше 6000 м над уровнем моря.

Углекислый газ (диоксид углерода) является важнейшим сырьевым источником для фотосинтеза. Азот воздуха необходим для синтеза белков и нуклеиновых кислот.

Атмосфера не только поддерживает жизнь, она служит также защитным экраном. На высоте 20-25 км от поверхности Земли находится защитный озоновый экран (слой), задерживающий губительную для всего живого ультрафиолетовую радиацию.

## 2.5. Почвенная среда

**Почва** – это рыхлый поверхностный слой земной коры, преобразованный в процессе выветривания и населенный живыми организмами, играющий важную роль в наземных экосистемах.

Заселявшие наземно-воздушную среду организмы приводили к возникновению почвы как уникальной среды обитания. Эта верхняя оболочка суши сформировалась в результате жизнедеятельности живых организмов, поэтому является ровесницей сухопутной жизни на планете.

М.В. Ломоносов одним из первых писал о происхождении почвы: «...почва произошла от согнития животных и растительных тел ... долгою времени...». В конце XIX в. великий русский естествоиспытатель Василий Васильевич Докучаев установил, что почвы представляют собой природные тела и по своим внешним особенностям и свойствам сильно отличаются от горных пород, на которых они образовались.

Недаром В.И.Вернадский относил почву к так называемому *биокосному* телу. По его определению почва – это неживое, косное вещество, переработанное деятельностью живых организмов. Она сочетает в себе свойства живой и неживой материи. Ее плодородие определяется присутствием обогащенных биогенных веществ.

Почва представляет собой многослойный «пирог» из горизонтов с разными свойствами, состав и толщина которых в разных природных зонах различна. Разнообразие почв мира огромно. Это связано с многообразием сочетания факторов почвообразования: горных пород, возраста поверхности, растительного и животного населения, рельефа. Все эти факторы определяют характерные особенности почвы, которая представляет собой сложную систему, включающую твердую фазу (минеральные частицы), жидкую фазу (почвенная влага) и газообразную фазу. Соотношение этих трех фаз и определяет особенности почвы как среды жизни для живых организмов.

Твердая часть - это минеральные частицы. Они составляют около 60 % почвенной массы и состоят из песка, глины, илистых частиц, оставшихся от материнской породы в результате почвообразовательного процесса. Соотношение этих частиц характеризует механический состав почвы. От механического состава во многом зависят свойства почвы: структура и сложение, пористость – способность аэрации, способность удерживать влагу и питательные вещества. Хорошие почвы содержат примерно одинаковое количество песка и глины; они называются суглинками.

Важной особенностью почвы является также наличие определенного количества органического вещества (до 10%). Оно образуется в результате отмирания организмов и входит в состав их экскрементов (выделений). В результате образуется аморфная масса – гумус (перегной) – тёмно-коричневого или чёрного цвета. Химический состав гумуса – фенольные соединения, карбоновые кислоты, эфиры жирных кислот. В почве частицы гумуса прилипают к глине, образуя единый комплекс. Гумус улучшает свойства почвы, повышая ее способность удерживать влагу и растворённые минеральные вещества. Больше всего гумуса в чернозёмах – 9-12%, иногда до 30%. В болотистых почвах образование гумуса идёт очень медленно. Органические остатки спрессовываются здесь в торф.

Жидкая часть почвы, или почвенный раствор, - вода с растворёнными в ней органическими и минеральными соединениями (воды в почве содержится около 25-35%) - участвует в снабжении растений водой и растворёнными элементами питания.

Газообразная часть, почвенный воздух (15-25%), заполняет поры, незанятые водой. Почвенный воздух содержит больше углекислого газа и меньше кислорода, чем атмосферный воздух, а также метан, летучие органические соединения и др.

Условия почвенной среды обитания определяют такие свойства почвы как ее аэрация (насыщенность воздухом), влажность (присутствие влаги), теплоемкость и термический режим (суточный, сезонный, многолетний ход температур). Температурный режим, по сравнению с наземно-воздушной средой, более консервативный, особенно на большой глубине. В целом, почва отличается довольно устойчивыми условиями жизни.

Особый комплекс условий по температуре, влажности, кислотности, окислительно-восстановительной обстановке, содержанию биофильных элементов не может быть воспроизведен ни в одной другой биокосной системе. Поэтому представители многих биологических видов могут обитать только в почве, которая служит средой обитания и физической опорой огромному числу организмов. Почва является необходимым и незаменимым субстратом, в котором растения укрепляются своими корнями, и из которого черпают влагу и элементы минерального питания.

Живая часть почвы состоит из почвенных микроорганизмов, представителей беспозвоночных (простейших, червей, моллюсков, насекомых и их личинок), роющих позвоночных. В почве возможно обитание организмов, обладающих как водным, так и воздушным типом дыхания.

Некоторые организмы проводят в почве всю жизнь, другие – часть жизни. По степени связи с почвенной средой обитания выделяются три группы организмов:

*геобионты* - постоянные обитатели почвы (дождевые черви, многие насекомые, микроорганизмы), из млекопитающих кроты, слепыши;

*геофилы* - животные, у которых часть цикла развития проходит в другой среде, а часть – в почве (большинство летающих насекомых - саранчовые, жуки, комары-долгоножки, медведки, многие бабочки; одни в почве проходят фазу личинки, другие – фазу куколки);

*геоксены* - животные, иногда посещающие почву в качестве укрытия или убежища (все млекопитающие, живущие в норах, многие насекомые, некоторые виды жуков).

Для почвенных организмов характерны специфические органы и типы движения (роющие конечности у млекопитающих; способность к изменению толщины тела; наличие специализированных головных капсул у некоторых видов); формы тела (округлая, червеобразная); прочные и гибкие покровы; редукция глаз и исчезновение пигментов.

Поскольку каждому типу почв, каждой почвенной зоне свойственны свои особенности, то и организмы отличаются избирательностью по отношению к этим условиям. По облику растительного покрова можно судить о влажности, кислотности, теплообеспеченности, засоленности, составе материнской породы и прочих характеристиках почвенного покрова.

Не только флора, но и фауна специфична для разных почв. Например, около 20 видов жуков – *галофилы*, обитают только в почвах с повышенной соленостью. Даже дождевые черви наибольшей численности достигают во влажных, теплых, с мощным органогенным слоем почвах.

Среди почвенных обитателей широко развита *сапрофагия* - поедание трупов других животных, гниющих остатков и т.д. Процессом переработки органического вещества заняты тысячи видов животных и микроорганизмов, причём счёт числа особей идёт на миллионы.

Основные биохимические процессы протекают в верхнем слое почвы толщиной до 40 см, так как в нем обитает наибольшее количество микроорганизмов. В поверхностных слоях почвы обитает множество организмов-разрушителей - бактерий и грибов, мельчайших членистоногих и червей, термитов и многоножек. Одни бактерии участвуют в цикле превращения только одного элемента, другие - в циклах превращения многих элементов. Если бактерии минерализуют органическое вещество - разлагают органическое вещество на неорганические соединения, то простейшие уничтожают избыточное количество бактерий. Дождевые черви, личинки жуков, клещи разрыхляют почву и этим способствуют ее аэрации. Кроме того, они перерабатывают трудно расщепляемые органические вещества.

Почва – главный «цех» по переработке органического вещества, через неё протекает до 90% углерода, возвращаемого в атмосферу. В результате процесса гумусообразования в почве консервируются большие запасы этого элемента в виде специфических гумусовых веществ. За счет частичного окисления гумуса происходит выделение  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Таким образом, почва является важнейшим звеном в биогеохимическом цикле углерода. Изменение гумусного состояния почв, в частности, под воздействием деятельности человека, приводит к нарушению биогеохимического цикла углерода, и возрастанию высвобождения углекислого газа в атмосферу.

Велика роль почвы в формировании биогеохимического цикла азота, прежде всего, за счет его биологической фиксации почвенными микроорганизмами. Подобное регулирующее действие почва оказывает на все биогеохимические циклы.

В настоящее время человечество все больше убеждается, что функции почвы не могут быть выполнены никакими другими компонентами биосферы, и это определяет огромную роль почвы в поддержании жизни на Земле. Будучи частью биосферы, почва в то же время является необходимым условием ее существования.

## 2.6. Живые организмы как среда обитания

Живой организм может также служить средой обитания для паразитов и симбионтов, которые поселяются на или внутри тела другого организма.

*Паразитизм* - это форма взаимоотношений между организмами разных видов, которые носят антагонистический характер.

**Паразитом** называется организм, использующий другой организм (хозяин) в качестве источника пищи и среды обитания.

Паразит живет за счет особей другого вида и тесно связан с ним в своем жизненном цикле, но не умерщвляет своего хозяина, поскольку в противном случае лишился бы источника существования.

Паразиты, питающиеся телом хозяина и обитающие на его поверхности, носят название *эктопаразитов*. Это блохи, вши, клещи, различные виды тлей. Паразиты, живущие во внутренних тканях, полостях и клетках хозяина, носят название *эндопаразитов*. Это различные вирусы, бактерии, гельминты и др.

Внутриклеточные паразиты обнаружены у простейших (бактерии, сине-зеленые водоросли) и одноклеточных эукариотов (диатомовые, красные и зеленые водоросли, амёбы, радиолярии). А среди многоклеточных организмов нет ни одного, который не имел бы в своем теле (реже – на теле) паразитов. Чем сложнее строение организма и его органов, тем более разнообразнее условия, в которых могут проживать его сожители (и тем они многочисленнее).

Английский ученый А.Е. Шитли писал, что каждая птица – представляет собой настоящий летающий зоопарк. Перья служат пищей клещам-пухоедам, кожа – блохам, вшам, москитам. Во внутренних органах множество разных червей, в крови – бактерий. В свою очередь перечисленные паразиты тоже служат средой жизни для других, более мелких паразитов – это гиперпаразитизм.

Естественно, что у организмов, живущих в определённой среде, вырабатываются специфические приспособления к экологическим условиям именно этой среды. В этой биотической среде главную роль играет обилие пищи, т.к. организм, как правило, обеспечивает паразитов и симбионтов питательными веществами, находящимися в доступной форме и не требующими дальнейшего пищеварения и переработки. Поскольку у паразитов нет проблем с поиском пищи, у большинства из них наблюдается упрощение строения (редукция) органов пищеварения.

Жизнь внутри другого организма характеризуется большим постоянством по сравнению с жизнью в открытой среде, т.к. организм хозяина служит надежной защитой от неблагоприятных условий; нет опасности высыхания, изменения температурного, солевого и осмотического режимов. Поэтому организмы, находящие себе место в теле растений или животных, часто полностью утрачивают органы и даже системы, необходимые свободноживущим видам. У всех паразитов в процессе эволюции произошли анатомо-морфологические и физиологические изменения, заключающиеся в упрощении, вплоть до полной редукции отдельных органов. У ряда растений (заразиха, Петров крест, пучкоцвет, вертляница) редуцирован фотосинтетический аппарат и корни, листья представлены прозрачными чешуйками, а корни напоминают гифы грибов. У паразитов-животных редуцируются органы передвижения (крылья – у вшей), у живущих внутри кишечника и тканей (гельминтов) нет органов дыхания, зрения, конечностей, нет пигментации.

У поселившихся внутри других организмов возникают приспособления (часто весьма изощренные) для удержания себя в теле хозяина и эффективного размножения. Паразитам присуща громадная плодовитость по сравнению со свободно живущими формами. Стратегия их выживания направлена на оставление как можно большего числа потомков, формирование защитных механизмов и приспособлений к распространению. При выходе из хозяина во внешнюю среду у паразитов развиваются защитные приспособления, позволяющие им пережить этот критический период. Яйца их покрываются многослойными оболочками, многие образуют цисты, ряд личинок нематод впадает в анабиоз.

Пути проникновения паразита в организм хозяина многообразны. Они могут попадать в пищеварительный тракт с пищей, могут активно внедряться через кожный покров, передаваться при посредстве переносчиков и т.п. Например, возбудитель тропической малярии *Plasmodium falciparum* вызывает тяжелую форму заболевания, при которой нередко развиваются церебральные нарушения. Переносчиком ее является самка комара из рода *Anopheles*. Малярия является довольно распространенной болезнью, особенно в Африке, где от нее ежегодно погибает свыше 1 млн. детей в возрасте до 14 лет.

Все паразиты для обеспечения выживания своего вида должны переходить от хозяина к хозяину. Одни паразиты выработали довольно простой цикл воспроизведения. К примеру, многим бактериям, которые являются причиной таких болезней, как скарлатина, пневмония, дифтерия, достаточно попасть на поверхность тела хозяина или на некоторые его железы внешней секреции. Другие паразиты выработали довольно сложные циклы развития, когда на помощь приходят промежуточные хозяева.

Организмы как среду жизни, кроме паразитов, могут использовать виды, полезные для организма – хозяина (микоризные грибы, клубеньковые бактерии-азотфиксаторы, бактерии и простейшие, населяющие пищеварительный тракт млекопитающих).

Взаимодействие двух и более разных организмов, от которого все партнеры получают пользу, в биологии принято называть **симбиозом** (от греческого «symbiosis» - «совместная жизнь»).

В широком смысле симбиоз охватывает все формы тесного сожительства организмов разных видов, включая и паразитизм, который в этом случае является антагонистическим симбиозом.

Обычно симбиоз бывает **мутуалистическим**, т. е. сожительство обоих организмов (симбионтов) взаимовыгодно и возникает в процессе эволюции как одна из форм приспособления к условиям существования. Симбиоз может осуществляться как на уровне многоклеточных организмов, так и на уровне отдельных клеток (внутриклеточный симбиоз). В симбиотические отношения могут вступать растения с растениями, растения с животными,

животные с животными, растения и животные с микроорганизмами, микроорганизмы с микроорганизмами.

Широко распространён симбиоз животных (и человека) с микроорганизмами, например образующими нормальную кишечную флору. У некоторых насекомых переваривание клетчатки осуществляется ферментами, выделяемыми дрожжевыми клетками, живущими в их пищеварительном тракте, в особых углублениях кишечника. Микробы заселяют кишечник хозяина с первых часов жизни, попадая туда главным образом с пищей. В период младенчества люди обладают высоким содержанием бифидобактерий. У здорового ребенка первого года жизни 90-98% всего микробоценоза толстого кишечника составляет бифидофлора.

Таким образом, живые организмы представляют собой наиболее консервативную среду обитания, которая характеризуется наибольшим постоянством и низким разнообразием условий меняющихся факторов.

Табл. 2.6.1. Сравнительная характеристика сред обитания

Характеристика	Среды обитания			
	Водная	Наземно-воздушная	Почвенная	Организмальная
Плотность	Высокая	Низкая	Сравнительно высокая	Высокая
Разнообразие условий	Низкое	Высокое	Умеренно высокое	Очень низкое
Основные лимитирующие факторы	Свет, давление, кислотность, содержание кислорода и солей	Влажность, температура, гравитация	Вода, токсичные соли, кислород, кислотность	Иммунный ответ хозяина
Биологическое разнообразие	Низкое	Высокое	Высокое	Очень высокое
Роль в биосфере и экосистемах	Круговорот воды в природе	Основной участник круговорота углерода	Блок редуцентов в круговороте биогенов	Регулирование плотности популяций живых организмов

### Вопросы для повторения

1. Что такое среда обитания, дайте определение.
2. Чем отличается абиотическая среда обитания от биотической?
3. Перечислите основные среды обитания на нашей планете.
4. Дайте характеристику водной, наземно-воздушной и почвенной сред жизни.

5. Назовите основные особенности жизни организмов и их приспособления в водной, наземно-воздушной и почвенной сред жизни.
6. Какое значение принимают живые организмы в образовании почвенного покрова?
7. В чём состоят основные особенности организмов, использующих тела других организмов как среду обитания?
8. Что такое паразитизм, и каково его значение в системе экологических взаимоотношений?

## ГЛАВА 3. ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### 3.1. Понятие об экологических факторах

Любая группа организмов окружена природной средой, под которой экологи подразумевают все факторы живой и неживой природы. Влияние природной среды на сообщества, популяции, виды и отдельные особи определяется ее компонентами, которые и называют экологическими факторами.

**Экологический фактор – это воздействие любого элемента или отдельного свойства среды, оказывающего прямое или косвенное влияние на живые организмы хотя бы на протяжении одной из фаз их развития.**

Учение об экологических факторах является одним из ключевых биологических разделов экологии. Никакие природоохранные мероприятия не возможны без изучения оптимума действия того или иного фактора на данный биологический вид.

Факторы среды многообразны. Они могут быть необходимы или, наоборот, вредны для живых существ, способствовать или препятствовать выживанию и размножению. Экологические факторы имеют разную природу и специфику действия. Вместе с тем один и тот же фактор среды имеет различное значение в жизни организмов разных видов. Например, сильный ветер зимой неблагоприятен для крупных, обитающих открыто животных, но не действует на более мелких, которые укрываются в норах или под снегом. Солевой состав почвы важен для питания растений, но безразличен для большинства наземных животных и т. д.

Некоторые свойства среды остаются относительно постоянными на протяжении длительных периодов времени в эволюции видов. Таковы сила тяготения, солнечная энергия, солевой состав океана, свойства атмосферы. Большинство экологических факторов - температура, влажность, ветер, осадки, наличие укрытий, пищи, хищники, паразиты, конкуренты и т. д. - очень изменчиво в пространстве и времени. Степень изменчивости каждого

из этих факторов зависит от особенностей среды обитания. Например, температура сильно варьирует на поверхности суши, но почти постоянна на дне океана или в глубине пещер. Паразиты млекопитающих живут в условиях избытка пищи, тогда как для свободноживущих хищников ее запасы все время меняются вслед за изменением численности жертв.

Изменения факторов среды во времени могут быть: 1) регулярно-периодическими, меняющими силу воздействия в связи со временем суток или сезоном года или ритмом приливов и отливов в океане; 2) нерегулярными, без четкой периодичности, например изменения погодных условий в разные годы, явления катастрофического характера - бури, ливни, обвалы и т. п.; 3) направленными на протяжении известных, иногда длительных, отрезков времени, например при похолодании или потеплении климата, зарастании водоемов, постоянном выпасе скота на одном и том же участке и т. п.

Все экологические факторы имеют единицы измерения и определенный диапазон действия. В рамках этого диапазона и осуществляется жизнедеятельность организмов и биосистем.

Экологические факторы можно сгруппировать по времени (эволюционный, исторический), периодичности (периодический, непериодический), очередности (первичный, вторичный), происхождению (космический, абиотический, биотический, биологический, техногенный, фактор беспокойства, послепожарный и др.), среде возникновения (атмосферный, водный, геоморфологический, эдафический, физиологический, биоценотический, популяционный и др.).

По своей природе всё многообразие экологических факторов делят, по крайней мере, на три группы:

- абиотические факторы - воздействие неживой природы;
- биотические факторы - воздействие живой природы;
- антропогенные факторы – воздействие, вызванное разумной и неразумной деятельностью человека («антропос» - человек).

**Абиотические факторы** обусловлены свойствами неорганического окружения, т.е. это все свойства неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на живые организмы.

К ним относятся компоненты климата: свет, температура, влажность, давление, подводные течения и ветра, долгота дня, смена времен года; химический состав воздуха, воды и почвы, наличие в почве питательных веществ, ее водопроницаемость и влагоемкость; рельеф местности; радиационный фон. Эти факторы могут влиять на организм прямо (непосредственно), как свет и тепло, либо косвенно, как, например, рельеф местности, который обуславливает действие прямых факторов (освещенности, увлажнения ветра и т.д.).

Нередко экологические факторы подвергают и более детальной классификации, когда надо указать на какую-то конкретную группу факторов. Например, различают климатические (относящиеся к климату), эдафические (почвенные) факторы среды и т.д. (табл.3.1.1.).

**Биотические факторы** - это формы воздействия живых существ друг на друга и на окружающую среду.

Каждый организм постоянно испытывает на себе прямое или косвенное влияние других существ, вступает в связь с представителями своего вида и других видов, зависит от них и сам оказывает на них воздействие. Насекомые собирают нектар и переносят пыльцу растений, хищники поедают жертв, бактерии вырабатывают яды, разрушающие клетки живых организмов. Опадающие листья служат пищей и местом обитания насекомым и микроорганизмам. Окружающий органический мир - составная часть среды каждого живого существа. Взаимные связи организмов - основа существования биоценозов и популяций; рассмотрение их относится к области синэкологии.

Взаимоотношения между животными, растениями, микроорганизмами чрезвычайно многообразны. Прежде всего, различают взаимоотношения особей одного и того же вида (внутривидовые) и отношения представителей разных видов (межвидовые).

Представители каждого вида способны существовать в таком биотическом окружении, где связи с другими организмами обеспечивают им нормальные условия жизни. Главной формой проявления этих связей служат пищевые взаимоотношения организмов различных категорий, составляющие основу пищевых (трофических) цепей, сетей и трофической структуры биоты.

Кроме пищевых связей, между растительными и животными организмами возникают также пространственные взаимоотношения. В результате действия многих факторов разнообразные виды объединяются не в произвольном сочетании, а только при условии приспособленности к совместному обитанию.

**Биотические факторы** подразделяются соответственно на факторы **фитогенные** (от греч. «фитон» - растение) – воздействие растений друг на друга и окружающую среду; **зоогенные** (от греч. «зоон» - животное) – воздействие животных друг на друга и на среду обитания и **микробогенные** - воздействие простейших микроорганизмов на другие живые организмы и на среду обитания.

Таблица 3.1.1. Классификация экологических факторов среды

Абиотические факторы	Биотические факторы
<p><b>Климатические:</b> солнечная радиация, свет и световой режим, температура, влажность, атмосферные осадки, ветер, атмосферное давление и др.</p> <p><b>Эдафические:</b> механическая структура и химический состав почвы, влагоемкость, водный, воздушный и тепловой режим почвы, кислотность, влажность, газовый состав, уровень грунтовых вод и др.</p> <p><b>Орографические:</b> рельеф, экспозиция склона, крутизна склона, перепад высот, высота над уровнем моря.</p> <p><b>Гидрографические:</b> факторы водной среды - прозрачность воды, текучесть, проточность, температура, кислотность, газовый состав, содержание минеральных и органических веществ и т.п.</p> <p><b>Химические:</b> газовый состав атмосферы, солевой состав воды.</p> <p><b>Пирогенные:</b> воздействие огня</p>	<p><b>Фитогенные:</b> воздействие растений друг на друга и на окружающую среду.</p> <p><b>Зоогенные:</b> воздействие животных друг на друга и на окружающую среду.</p> <p><b>Микробогенные:</b> воздействие микроорганизмов на другие живые существа и на среду обитания</p>

**Антропогенные факторы** - это формы деятельности человеческого общества, которые приводят к изменению природы как среды обитания других видов или непосредственно сказываются на их жизни.

Хотя человек влияет на живую природу через изменение абиотических факторов и биотических связей видов, антропогенную деятельность следует выделять в особую силу, не укладывающуюся в рамки этой классификации. Значение антропогенного влияния на живой мир планеты продолжает стремительно возрастать.

### 3.2. Абиотические факторы

Кратко охарактеризуем основные абиотические факторы, воздействующие на живой организм и биологические надорганизменные системы. Среди абиотических факторов наибольшее значение имеют климатические факторы: свет, температура и влажность.

**Свет.** Практически единственным источником энергии для всех живых организмов является энергия солнца. Напрямую утилизировать солнечную энергию может только одна группа организмов - зеленые растения и

фотосинтезирующие организмы. Они преобразуют энергию света в энергию химических связей АТФ, используемых для синтеза органических соединений. В дальнейшем энергия зеленых растений перераспределяется между другими организмами в соответствии с пищевыми отношениями. На синтез биомассы используется до 1% поступающей на Землю солнечной энергии. Кроме того, свет является единственным источником тепла на планете Земля.

Для живого вещества важны качественные признаки света – длина волны, интенсивность и продолжительность воздействия. В солнечном свете важны три спектральных диапазона, различающихся по биологическому воздействию: ультрафиолет, видимый и инфракрасный свет.

Ультрафиолет с длиной волны менее 0,29 мкм вызывает интенсивную денатурацию биополимеров и губителен для всего живого. Наиболее коротковолновая (200-280 нм) часть спектра практически полностью поглощается озоновым экраном. Поверхности земли достигает лишь небольшая часть ультрафиолетовых лучей (0,3-0,4 мкм), в небольших количествах полезных животным и человеку. Ультрафиолетовые лучи в умеренных дозах стимулируют рост и размножение клеток, способствуют синтезу биологически активных веществ, витаминов, антибиотиков и тем самым повышают устойчивость к болезням. Под их воздействием образуется витамин D, регулирующего обмен витаминами С и Р. Этим обеспечивается нормальное развитие скелета. Как защита от излишних доз, при длине волны 320-330 нм в коже человека и других млекопитающих образуется пигмент меланин (загар). Передозировка ультрафиолета вредна, особенно для деления клеток, поэтому его используют для дезинфекции помещений. Насекомые зрительно различают ультрафиолетовые лучи и пользуются этим для ориентации на местности в облачную погоду. Доля ультрафиолетовых лучей составляет около 1%. Остальное количество поступающей на землю лучистой энергии распределяется практически поровну на видимую и инфракрасную части спектра.

Видимый свет (излучение, воспринимаемое нашим глазом) состоит из голубых, зеленых, оранжевых и красных лучей (0,4-0,75 мкм) и составляет большую часть лучистой энергии. Зеленые растения осуществляют фотосинтез органических соединений за счет энергии именно видимой части спектра. Видимые лучи свободно проходят сквозь облака и воду, поэтому фотосинтез возможен и в пасмурную погоду, и в водоемах на глубине в десятки и сотни метров (у красных водорослей). Сине-фиолетовые лучи (0,4-0,5 мкм) поглощаются хлорофиллом, каротиноидами и другими компонентами клетки, но они вдвое менее эффективны, чем оранжево-красные. Наименьшую биологическую активность имеют зеленые лучи (0,5-0,6 мкм), они не поглощаются растениями, и большинство растений имеют зеленый цвет.

Ориентация многих животных в пространстве, сигнализация между животными (благодаря зрению), синхронизация ритмов жизни растений с сезонной динамикой (благодаря изменению продолжительности светового дня) невозможны без видимого света.

Инфракрасные лучи (более 0,75 мкм) не воспринимаются глазом человека, но на их долю приходится до 40% общего количества лучистой энергии. Они воспринимаются человеком как тепло и согревают растения и животных, хорошо поглощаются почвой и водой. Существенная часть инфракрасных лучей, поступающих от Солнца, а также собственное тепловое излучение Земли поглощаются углекислым и некоторыми другими газами, повышая температуру атмосферы и создавая парниковый эффект.

Таким образом, свет оказывает непосредственное воздействие на химические и физические процессы, происходящие в организмах. Он влияет на весь ход обмена веществ в них. Многие морфологические и поведенческие характеристики связаны с воздействием света на организмы. Деятельность некоторых внутренних органов животных тесно связана с освещением. Поведение животных, например, сезонные перелеты, кладка яиц, ухаживание за самками, весенний гон связаны с продолжительностью светового дня. Распространение водных растений, океанических животных и планктона ограничено областью проникновения солнечных лучей.

Световой режим на Земле довольно разнообразен. Условия освещения играют исключительную роль в жизни растений: от интенсивности солнечного освещения зависит продуктивность, производительность растений. В лесу он иной, чем на лугу. Освещение в лиственном и темнохвойном еловом лесу заметно различается. Таких примеров можно привести множество.

По отношению к свету выделяют следующие экологические группы растений:

- **гелиофиты** (от греч. «гелиос» - солнце и фитон - растение) - светолюбивые;
- **сциофиты** (от греч. «сциа» - тень, и «фитон» - растение) - теневые;
- **факультативные гелиофиты** – теневыносливые растения.

К **гелиофитам** относятся растения, которые либо совсем не переносят, либо плохо переносят даже незначительное затенение. Это обитатели открытых мест: лугов, степей, верхних ярусов лесов, ранневесенние растения, многие культурные растения. Из видов этой группы можно отметить подорожник обыкновенный, иван-чай, вейник тростниковидный и др.

Характеризуются мелкими размерами листьев, которые, как правило, располагаются под большим углом, иногда почти вертикально; листовая пластинка блестящая или густо опушенная.

**Сциофиты** не выносят сильного света. Прежде всего, это растения, растущие под пологом леса, обитатели глубоких слоев водоемов. Растения этой группы адаптировались к условиям сильного затенения темнохвойных таежных, широколиственных и тропических влажных лесов. Представлены в основном лесными травами. Типичные представители - зеленые мхи, плауны, кислица обыкновенная, копытень европейский, барвинок малый и др.

Характеризуются крупными листьями темно-зеленого цвета; характерна так называемая листовая мозаика, то есть особое расположение листьев, при котором листья максимально не заслоняют друг друга.

**Факультативные гелиофиты** или теневыносливые растения по своим признакам занимают промежуточное положение. Часто хорошо развиваются в условиях нормального освещения, но могут при этом переносить и затемнение. В качестве примера таких растений можно указать некоторые деревья: ель обыкновенную, клен остролистный, граб обыкновенный; кустарники - лещину, боярышник; травы – землянику, герань полевую; многие комнатные растения.

**Температура.** Температурный режим является одним из наиболее важных факторов, определяющих существование, развитие и распространение организмов на планете. Главным источником тепла является солнечное излучение, поэтому свет и тепло выступают сопряжено. При этом важно не только количество тепла, но и распределение его в течение суток, вегетационного сезона, года. Приход тепла к разным участкам планеты, естественно, неодинаков, с удалением от экватора не только снижается его поступление, но и увеличивается амплитуда сезонных и суточных колебаний.

Температура оказывает регулирующее влияние на многие процессы жизни растений и животных, изменяя интенсивность обмена веществ. Этот климатический фактор существенно определяет скорость биохимических реакций в клетках, влияя на большинство физиологических процессов от прохождения нервных импульсов до пищеварения. В общем случае любой вид способен существовать только в пределах определенного интервала температур. Границами существования жизни являются температурные условия, при которых, не происходит денатурации белков, необратимого изменения коллоидных свойств цитоплазмы, нарушения активности ферментов. Для большинства организмов этот диапазон температур составляет от 0 до +50°C. Слишком высокие или слишком низкие температуры губительны для организма. Высокая температура разрушает биополимеры, белки крови человека денатурируют уже при 41-42°C.

Однако ряд организмов обладает специализированными ферментными системами и приспособлен к активному существованию при температурах, выходящих за указанные пределы.

Виды, оптимальные условия, жизнедеятельности которых находятся в области высоких значений температур, относят к экологической группе **термофилов**. Термофильность характерна для многих бактерий, вызывающих самонагревание влажного зерна, сена. Цианобактерии населяют термальные источники Камчатки с температурой воды 85—93°C. Успешно переносят высокие температуры (65—80°C) несколько видов зеленых водорослей, накипные лишайники, семена пустынных растений, находящиеся в верхнем раскаленном слое почвы. В пустыне Палестины максимальная активность у кузнечиков наблюдается при 40-градусной жаре. Температурный предел представителей животного мира обычно не превышает +55—58°C (раковинные амёбы, нематоды, клещи, некоторые ракообразные, личинки многих двукрылых), многие из которых живут только в тропиках.

У многих видов растений и животных клетки сохраняют активность при температуре от 0 до -8°C. Многие низшие организмы легко выдерживают очень низкие температуры (их устойчивость к замерзанию объясняется высокой концентрацией солей и органических веществ в цитоплазме). Такие организмы относятся к экологической группе **криофилов** (греч. «kryos» — холод, лед) и населяют холодные и умеренные зоны земных полушарий. Кривофилия характерна для многих бактерий, грибов, лишайников, членистоногих и других существ, обитающих в тундрах, арктических и антарктических пустынях, в высокогорьях, холодных полярных водах и т. п.

В условиях Крайнего Севера, в Якутии деревья и кустарники не вымерзают при - 70°C. «Рекордсмен» – лиственница даурская. За полярным кругом при такой же температуре выживают лишайники, некоторые виды водорослей, в Антарктиде – пингвины. Семена и споры многих растений, нематоды, коловратки переносят замораживание до температуры 271°C ниже нуля.

Представители большинства видов живых организмов не обладают способностью активной терморегуляции своего тела. Их активность зависит, прежде всего, от тепла, поступающего извне, а температура тела — от величины температуры окружающей среды. Такие организмы называют **пойкилотермными** (от греч. «poikilo» — различный, переменный и «therme» — жар) или холоднокровными.

Пойкилотермия свойственна всем микроорганизмам, растениям, беспозвоночным и большей части хордовых.

Животные, не способные регулировать свою собственную температуру, плохо переносят колебания внешней температуры, поэтому их ареалы на суше относительно ограничены (амфибии, рептилии). Так, многие насекомые при наступлении холодов скрываются в почве, под корой деревьев, в трещинах скал, лягушки зарываются в ил на дне водоемов, некоторые наземные животные впадают в спячку и оцепенение. С наступлением

холодов у них снижается обмен веществ, потребление пищи и кислорода, они погружаются в спячку или впадают в состояние анабиоза (резкое замедление жизненных процессов при сохранении способности к оживлению), а при благоприятных погодных условиях пробуждаются и снова начинают активную жизнь. Споры и семена растений, а среди животных — инфузории, коловратки, клопы, клещи и др. — могут много лет находиться в состоянии анабиоза.

Только у птиц и млекопитающих тепло, вырабатываемое в процессе интенсивного обмена веществ, служит достаточно надежным источником поддержания температуры тела на постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды. Этому способствует хорошая тепловая изоляция, создаваемая шерстным покровом, плотным оперением, толстым слоем подкожной жировой ткани.

Способность животных поддерживать постоянную температуру тела независимо от температуры окружающей среды, называется *гомойотермией*, а организмы носят название *гомойотермные* (от греч. «*homoiós*» — равный и «*therme*» — жар) или теплокровные.

Свойство теплорегуляции позволяет многим видам животных (белым медведям, ластоногим, пингвинам и др.) вести активный образ жизни при низких температурах. Теплокровность у млекопитающих и птиц дает им возможность переносить неблагоприятные условия в активном состоянии, пользуясь убежищами, поэтому они в меньшей степени зависят от окружающей среды.

Гомойотермия развилась из пойкилотермии путем интенсификации обменных процессов и усовершенствования способов регуляции теплообмена животных с окружающей средой. Эффективная регуляция поступления и отдачи тепла позволяет взрослым гомойотермным животным поддерживать постоянную оптимальную температуру тела во все времена года.

Благодаря высокой интенсивности обмена веществ и выработке значительного количества тепла гомойотермные животные отличаются высокой способностью к химической терморегуляции, что особенно важно при действии холода. Однако поддержание температуры за счет возрастания теплопродукции требует большого расхода энергии, поэтому животные в холодный период года нуждаются в большом количестве пищи или тратят много жировых запасов, накопленных ранее. Например, птицам, остающимся зимовать, страшны не столько морозы, сколько бескормица. В случае хорошего урожая семян ели и сосны клесты зимой даже выводят птенцов. Но при недостатке корма в зимний период такой тип терморегуляции экологически невыгоден, поэтому слабо развит у песцов, моржей, тюленей, белых медведей и других животных, обитающих за полярным кругом.

Частный случай гомойотермии — *гетеротермия* — свойственна животным, впадающим в неблагоприятный период года в спячку или временное оцепенение (суслики, ежи, летучие мыши, сони и др.).

В активном состоянии они поддерживают высокую температуру тела, а в случае низкой активности организма — пониженную, что сопровождается замедлением процессов обмена веществ и, как следствие, низкой теплоотдачей. Частота сердечных сокращений у суслика около 300 ударов в минуту, во время спячки — всего 3 удара, температура тела понижается до +5°C и обмен веществ замедляется.

В связи с сезонными переменами климата существа наделены свойством акклимации — возможностью изменять пределы выносливости. Приспособление от перегрева в жаркое время года у растений выражается в увеличении испарения воды через устьица, у животных — в виде испарения воды через дыхательную систему и кожные покровы. В период чрезмерного повышения температуры в условиях пустыни животные приспособились переносить жару путем погружения в летнюю спячку. Некоторые насекомые, пустынные грызуны и черепахи с наступлением жаркого периода впадают в летнюю спячку. Растения пустынь и полупустынь весной за очень короткий срок завершают вегетацию и после созревания семян сбрасывают листву, вступая в фазу покоя (тюльпаны, мятлик луковичный, иерихонская роза и др.).

С наступлением осени морозоустойчивость растений постепенно повышается (накоплением в клетках углеводов). Весной она резко снижается, и в случае заморозков растения могут погибнуть. У животных при подготовке к зиме меняется шерстяной или перьевой покров, увеличивается жировая прослойка, запасается бурый жир. Насекомые, пресмыкающиеся, многие звери и растения переходят с наступлением осени в состояние зимнего покоя. Для защиты от переохлаждения количество воды в их организмах снижается, накапливаются углеводы и глицерин. У травяных растений зимуют семена, корневые системы. Клещи, малярийные комары, мухи и многие бабочки зимуют на стадии взрослой особи, а непарный шелкопряд и различные виды тлей — на стадии яйца. Колорадский жук на зимовку уходит вглубь почвы более чем на 1 метр.

**Влажность.** На протяжении длительного времени развитие живой природы проходило в водной среде, поэтому для большинства живых организмов вода является одним из главных экологических факторов. Исключительная значимость воды состоит в том, что она является основным условием существования всего живого на Земле. Все биохимические реакции в клетках протекают в водной среде. Вода — прекрасный растворитель, она идеально приспособлена для транспорта питательных веществ, гормонов и вывода продуктов обмена. Поэтому регуляция количества воды в живых организмах составляет их важнейшую физиологическую функцию.

Тела животных содержат, как правило, не менее 50% воды. Сочные плоды растений также содержат большое количество воды: в картофеле ее 80%, в помидоре - 95%.

Эмбрион человека состоит на 97% из воды, а у новорожденных ее количество составляет 77% массы. К 50 годам количество воды в теле человека уменьшается и составляет уже 60% от его массы.

Особая роль воды для наземных организмов (особенно растений) заключается в необходимости постоянного пополнения ее из-за потерь при испарении. Поэтому вся эволюция наземных организмов шла в направлении приспособления к активному добыванию и экономному использованию влаги.

Организмы теряют воду, прежде всего в процессе метаболизма; теряется она и при испарении с поверхности тела. Для поддержания жизнедеятельности животным приходится восполнять недостаток воды. Вода и растворенные в ней соли проникают в тела животных различными путями. Животные, обитающие в водной среде, получают ее через наружные покровы. Насекомые, моллюски, черви, амфибии адсорбируют влагу из воздуха. Поэтому лягушке пить совсем не обязательно. Для многих животных основной источник воды – пища. Бабочки питаются главным образом жидким кормом, комары довольствуются капельками росы.

Количество воды, которое может потерять живой организм без ущерба для себя, колеблется в широких пределах. Для млекопитающих эти величины составляют 10-15% от их веса. Исключением среди млекопитающих являются верблюд, который способен возместить потерю воды в количестве до 30% веса (выпивая сразу 10-15 ведер воды верблюд в четверть часа восстанавливает свой прежний вид), и домовая мышь, выдерживающая потерю до 40% воды.

От наличия воды в экосистеме зависит характер ее флоры и фауны. При избытке воды развивается болотная растительность, а ее недостаток формирует пустынный ландшафт. Увлажненность местообитания и, как следствие, водообеспечение наземных организмов зависят, прежде всего, от количества атмосферных осадков, их распределения по временам года, наличия водоемов, уровня грунтовых вод, запасов почвенной влаги и т. п. Влажность оказывает влияние на распространение растений и животных, как в пределах ограниченной территории, так и в широком географическом масштабе, определяя их зональность (смена лесов степями, степей — полупустынями и пустынями). Таким образом, вода, как необходимое условие жизни, является ограничивающим фактором в экосистемах.

Современное распространение жизни на Земле напрямую связано с осадками. Влажность в разных точках земного шара неодинакова. Больше всего осадков выпадает в экваториальной зоне и особенно много в верхнем течении реки Амазонки и на островах Малайского архипелага. Атмосферные

осадки в любой форме (дождь, туман, снег, иней и т.д.) создают приток воды в почву, через нее к растениям, а от них к травоядным животным. Различные типы осадков в разных местах могут отличаться по воздействию на водный баланс территории. Например, в лесах побережий и в пустынях очень важный вклад в общее количество осадков вносят роса и приземный туман. Отмечено, что на Западном побережье США туман за год дает в два-три раза больше воды, чем ее выпадает с осадками.

Высшие наземные растения, ведущие прикрепленный образ жизни, в большей степени, чем животные, зависят от обеспеченности субстрата и воздуха влагой. По приуроченности к местообитаниям с разными условиями увлажнения и по выработке соответствующих приспособлений среди наземных растений различают три основные экологические группы: гигрофиты, мезофиты и ксерофиты. Условия водоснабжения существенно влияют на их внешний облик и внутреннюю структуру.

**Гигрофиты** — растения избыточно увлажненных местообитаний с высокой влажностью воздуха и почвы. Для них характерно отсутствие приспособлений, ограничивающих расход воды, и неспособность переносить даже незначительную ее потерю. Наиболее типичные гигрофиты — травянистые растения и эпифиты влажных тропических лесов и нижних ярусов сырых лесов в разных климатических зонах (недотрога обыкновенная, кислица обыкновенная), прибрежные виды (калужница болотная, плакун-трава, рогоз, камыш, тростник), растения сырых и влажных лугов, болот (белокрыльник болотный, сабельник болотный, вахта трехлистная, осоки), некоторые культурные растения.

Характерные структурные черты гигрофитов — тонкие листовые пластинки с небольшим числом широко открытых устьиц, рыхлое сложение тканей листа с крупными межклетниками, слабое развитие водопроводящей системы, тонкие слаборазветвленные корни, часто без корневых волосков.

**Ксерофиты** — растения сухих местообитаний, способные переносить продолжительную засуху, оставаясь физиологически активными. Это растения пустынь, сухих степей, саванн, сухих субтропиков, песчаных дюн и сухих, сильно нагреваемых склонов. В условиях умеренных широт это кошачья лапка, ястребинка волосистая, очиток едкий, толокнянка, полевица белая, наземные лишайники.

Структурные и физиологические особенности ксерофитов нацелены на преодоление постоянного или временного недостатка влаги в почве или воздухе. Интенсивное добывание воды из почвы достигается ксерофитами благодаря хорошо развитой корневой системе. Длина корней может достигать 10—15 м, а у саксаула черного — 30—40 м, что позволяет растениям использовать влагу глубоких почвенных горизонтов, а в отдельных случаях и грунтовых вод. Встречаются и поверхностные, хорошо

развитые корневые системы, приспособленные к поглощению скудных атмосферных осадков, орошающих лишь верхние горизонты почвы.

Экономное расходование влаги ксерофитами обеспечивается тем, что листья у них мелкие, узкие, жесткие, с толстой кутикулой, с большим количеством механических тканей, поэтому даже при большой потере воды листья не теряют упругости и тургора. Многие из них имеют густое опушение, толстый восковой слой, препятствующие испарению. Саксаул в жаркий период утрачивает листья, осуществляя фотосинтез в зеленых стеблях; влаголюбивые растения в подобных условиях увядают и гибнут.

К группе ксерофитов относятся и растения с сочными мясистыми листьями или стеблями, содержащими сильно развитую водоносную ткань. Например, у кактусов, некоторых молочаев и др. листья редуцированы, а надземные части представлены мясистыми стеблями. Длительные засушливые периоды преодолеваются ими путем накопления воды в тканях стебля.

**Мезофиты** занимают промежуточное положение между гигрофитами и ксерофитами. Они распространены в умеренно влажных зонах с умеренно теплым режимом и достаточно хорошей обеспеченностью минеральным питанием. К мезофитам относятся растения лугов, травянистого покрова лесов, лиственные деревья и кустарники из областей умеренно влажного климата, а также большинство культурных растений и сорняки. Для мезофитов характерна высокая экологическая пластичность, позволяющая им адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды.

Специфичные пути регуляции водообмена позволили растениям занять самые различные по экологическим условиям участки суши. Многообразие способов приспособления лежит, таким образом, в основе распространения растений на Земле, где дефицит влаги является одной из главных проблем экологической адаптации.

Кроме климатических условий на организмы существенно влияют и другие абиотические факторы. Поскольку жизнь многих организмов теснейшим образом связана с почвой, условия роста и развития живых существ во многом зависят от её особенностей и свойств.

**Эдафические факторы** (от греч. «эдаφος» - основание, земля, почва) или почвенные факторы — это совокупность физических и химических свойств почвы, способных оказывать экологическое воздействие на живые организмы.

К основным эдафическим факторам относятся механический состав почвы (размер ее частиц), относительная рыхлость, структура, водопроницаемость, аэрируемость, химический состав самой почвы и циркулирующих в ней веществ (газов, воды).

Характер гранулометрического состава почвы может иметь экологическое значение для животных, которые, по крайней мере, в какой-то

период своей жизни обитают в почве или ведут роющий образ жизни. Личинки насекомых, как правило, не могут жить в слишком каменистой почве; роющие перепончатокрылые, откладывающие свои яйца в подземных ходах, многие саранчевые, зарывающие яйцевые коконы в землю, нуждаются в том, чтобы она была достаточно рыхлой.

Химические свойства почвы зависят от содержания минеральных веществ, которые находятся в ней в виде растворенных ионов. Некоторые ионы являются для растений ядом, другие - жизненно необходимы. Концентрация в почве ионов водорода (кислотность)  $pH > 7$ , то есть в среднем близка к нейтральному значению. Флора таких почв особенно богата видами. Известковые и засоленные почвы имеют  $pH = 8...9$ , а торфяные - до 4. На этих почвах развивается специфическая растительность. Если идет процесс заболачивания, то почвенный воздух вытесняется водой, и условия становятся анаэробными. Почва постепенно становится кислой, так как анаэробные организмы продолжают вырабатывать углекислый газ. Почва, если она небогата основаниями, может стать чрезвычайно кислой, а это наряду с истощением запасов кислорода неблагоприятно воздействует на почвенные микроорганизмы. Длительные анаэробные условия ведут к отмиранию растений.

Если  $pH$  почвенного раствора слишком низка, то в ней содержится мало биогенных элементов, поэтому продуктивность такой почвы крайне мала.

По отношению к плодородию почвы (валовому составу химических элементов) различают следующие экологические группы растений:

- **олиготрофы** (от греч. «олигос» – небольшой и «трофее» – питание) – растения бедных, малоплодородных почв (сосна обыкновенная);

- **мезотрофы** (от греч. «мезос» – средний) – растения с умеренной потребностью к питательным веществам – большинство наших лесных растений;

- **эвтрофы** (от греч. «эу» – хорошо) – растения, требовательные к содержанию большого количества питательных веществ в почве (дуб, лещина, сныть).

К абиотическим факторам среды обитания живых организмов относятся также факторы рельефа (топография) – **орографические** факторы среды. Влияние топографии тесно связано с другими абиотическими факторами, так как она может сильно сказываться на местном климате и развитии почвы.

Главным топографическим фактором является высота над уровнем моря. С высотой снижаются средние температуры, увеличивается суточный перепад температур, возрастают количество осадков, скорость ветра и интенсивность радиации, понижаются атмосферное давление и концентрации газов. Все эти факторы влияют на растения и животных, обуславливая вертикальную зональность. У подножия гор могут находиться тропические

моря, а на вершине – дуть арктические ветры. С одной стороны гор может быть солнечно и тепло, с другой – влажно и холодно.

Горные цепи могут служить климатическими барьерами. Горы служат также барьерами для распространения и миграции организмов и могут играть роль лимитирующего фактора в процессах видообразования.

Важнейшими орографическими факторами являются экспозиция и крутизна склона. Склоны, обращенные на юг, получают больше солнечного света, поэтому интенсивность света и температура здесь выше, чем на дне долин и на склонах северной экспозиции. С этим связаны существенные различия в прогревании воздуха и почвы, скорости таяния снега, иссушения почвы. На северных склонах растения образуют теневые формы, на южных – световые. На более крутых склонах почвы маломощны и более сухие, т.к. здесь характерны смывание и дренаж. Если уклон превышает 35°, почва и растительность обычно не образуются, а создаются осыпи из рыхлого материала.

Огонь справедливо рассматривается как один из существенных природных экологических факторов, определяющих растительный покров Земли, влияние которого возросло в результате деятельности человека. Воздействие огня бывает непосредственным или косвенным — через изменения среды обитания.

В настоящее время *пирогенный* фактор (пожары) относится к одному из естественных абиотических экологических факторов.

В естественных условиях пожары возникают во время вулканической активности или при попадании молнии в дерево. Иногда пожары начинаются в результате самовозгорания органических остатков, от трения стволов двух деревьев под действием ветра. Огонь в той или иной мере воздействует на растительность всех природных зон, его воздействие особенно значительно в зоне хвойных лесов, в областях со средиземноморским климатом (леса и кустарники с преобладанием жестколистных кустарников) и в тропических и субтропических зонах (саваннах). Смены растительных сообществ после пожаров обусловлены главным образом изменением количественных соотношений видов в результате изменившихся их конкурентных взаимоотношений. Преобладание в некоторых природных сообществах (саванны, степи, прерии, пампасы и др.) злаков несомненно связано с их устойчивостью к воздействию огня, одного из основных экологических факторов в этих регионах. Без воздействия огня во многие природные зоны с характерным травянистым покровом быстро внедряются древесные растения. Без пожаров саванна, например, быстро бы исчезла и покрылась густым лесом.

У некоторых растений выработались приспособления, обеспечивающие им устойчивость к воздействию пирогенного фактора. Возникли даже виды, способные размножаться семенами лишь в условиях повторяющихся время

от времени пожаров. Сформировались целые растительные сообщества, которые могли существовать лишь при периодическом выгорании. После пожара создаются благоприятные условия для прорастания семян, а также приживания и дальнейшего развития возникающих из них всходов в результате улучшения условий освещения, обеспечения элементами минерального питания и резкого снижения конкуренции с взрослыми растениями. Общеизвестным является представление о том, что биологические особенности сосновых и лиственничных лесов тесно связаны с пирогенным фактором. В частности, почки злаков и сосен скрыты от огня в глубине пучков листьев или хвоинок. В периодически выгорающих местообитаниях эти виды растений получают преимущества, так как огонь способствует их сохранению, избирательно содействуя их процветанию. Например, популяции сосны и лиственницы после естественных пожаров не только выживают, но и вследствие устранения неадаптированных к огню конкурентов осваивают новые территории. Широколиственные же породы лишены защитных приспособлений от огня, он для них губителен. Пирогенный фактор обеспечил доминирование сосны во многих типах лесов.

В зависимости от того, где распространяется огонь, пожары делятся на низовые, верховые и подземные. Верховой лесной пожар охватывает как древостой, так и травяно-моховой покров почвы и подрост. Верховые пожары наиболее трудно поддаются сдерживанию и регулированию.

Избирательным и регулирующим действием обладают низовые пожары. В этом случае огонь распространяется только по надпочвенному покрову, охватывая нижние части стволов деревьев и выступающие на поверхность корни. Небольшие низовые пожары дополняют действие бактерий, разлагая умершие растения и ускоряя превращение минеральных элементов питания в форму, пригодную для использования новыми поколениями растений. В местообитаниях с малопродуктивной почвой пожары способствуют обогащению ее зольными элементами и питательными веществами.

Подземные пожары возникают как продолжение низовых или верховых лесных пожаров и распространяются по находящемуся в земле торфяному слою на глубину до 50 см и более. Горение может продолжаться длительное время даже зимой под слоем снега.

Следует отметить, что в отличие от других экологических факторов, человек может регулировать пожары, в связи с чем они могут быть определенным ограничивающим фактором при распространении растений и животных. Контролируемые людьми пожары способствуют образованию богатой, полезной веществами золы. Смешиваясь с почвой, она стимулирует рост растений, от количества которых зависит жизнь животных.

<p><i>Гидрографические</i> факторы объединяют такие характеристики водной среды, как плотность воды, скорость горизонтальных перемещений</p>
--

(течение), количество растворенного в воде кислорода, содержание взвешенных частиц, проточность и т.п.

Более подробно свойства и особенности водной среды были рассмотрены нами ранее.

**Химические** факторы проявляются в виде воздействия различных химических загрязнителей на живые организмы. На качество окружающей среды большое влияние оказывает ее химическое загрязнение, что в значительной степени связано с современным антропогенным воздействием (влияние человека на окружающую среду).

Действие химических факторов проявляется в виде проникновения в окружающую среду химических веществ, отсутствующих в ней раньше.

Такой химический фактор, как газовый состав чрезвычайно важен для организмов, обитающих в водной среде. Например, в воде Черного моря очень много сероводорода, что делает этот бассейн не очень благоприятным для жизни в нем многих организмов. Что касается наземных организмов, то они малочувствительны к газовому составу атмосферы, поскольку он постоянен.

Группа химических факторов включает и такой показатель, как соленость воды (содержание растворимых солей в природных водах). Пресноводные формы не могут обитать в морях, морские - не переносят опреснения. Живые организмы, обитающие в водной среде, приспособлены к строго определенной солености воды. Если соленость воды изменяется, животные перемещаются в поисках благоприятной среды. Например, при опреснении поверхностных слоев моря после сильных дождей некоторые виды морских рачков спускаются на глубину до 10 м.

### 3.3. Биотические факторы

Распределение организмов в биосфере и их жизнедеятельность (питание, размножение, защита, расселение) неразрывно связаны не только с абиотической, но и с биотической средой. Живые существа могут служить источником пищи для других организмов, являться средой их обитания, способствовать их размножению и т.п. Действие биотического окружения может быть не только непосредственным, но и косвенным, выражаясь в корректировке абиотических факторов, например, изменение состава почвы, микроклимата под пологом леса и т.п.

Все виды прямого или косвенного влияния одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую среду обитания относятся к **биотическим** факторам.

Представители каждого вида способны существовать в такой биотической среде, в которой связи с остальными организмами обеспечивают им нормальные условия жизни. Ареалы распространения и численность организмов каждого вида ограничиваются не только условиями внешней неживой среды, но и их отношениями с организмами других видов. Основными формами проявления таких связей служат пространственные и пищевые (трофические) взаимоотношения, на базе которых формируются сложные цепи и сети питания.

Отношения между живыми организмами являются одним из основных регуляторов численности и пространственного распределения организмов в природе. Животные, например, многие насекомые, поедающие растения, а также паразиты, хищники являются естественными факторами среды по отношению к своим хозяевам, жертвам и т.п. При этом каждый живой организм вступает с другими в разнообразные отношения, как с положительными, так и с отрицательными для себя последствиями. С одной стороны связь с другими организмами обеспечивает питание и размножение, возможность защиты, смягчает неблагоприятные условия среды. В то же время биотическое окружение - это и опасность ущерба или гибели. Важное различие между абиотическими и биотическими факторами состоит в том, что биотическая среда эволюционирует. Каждый отдельный вид, оказывая положительное или отрицательное воздействие на другие виды, которые его окружают, вызывает у этих видов адаптивные реакции, определяемые имеющимися у них запасами изменчивости и структурой популяций.

Среди огромного разнообразия форм биотических взаимоотношений различают прямые и косвенные. Прямые – это непосредственное влияние одних организмов на другие. Косвенные – это влияние через изменение комплекса абиотических факторов.

Как уже отмечалось выше, к **фитогенным** относят факторы воздействия (влияния) растений друг на друга и окружающую среду. Растения, испытывая многообразные влияния от соседних растений, одновременно сами воздействуют на них.

Примером прямых взаимодействий является повсеместно встречающееся переплетение и срастание корней, схлестывание ветвями соседних крон др. Раскачиваясь от ветра, тонкие и хлесткие ветви березы ранят кору и хвою ели, сбивают мягкие молодые иглы.

К прямым контактам относятся такие взаимоотношения между растениями как паразитизм, симбиоз и др. На ивах, ольхе, тополе, травах и кустарниках паразитирует вьющееся растение — повилика. Листья и корни у повилики отсутствуют. Обвиваясь вокруг стеблей хозяина, она внедряется в них присосками и поглощает органические и минеральные вещества. Повилика, нарушая обмен веществ у растений, сильно ослабляет их, задерживает рост и развитие, нередко вызывает гибель. Недавние

исследования показали, что повилика способна улавливать запах растений и таким образом находить жертву. На корнях подсолнечника и конопли паразитирует заразиха. У нее мясистый стебель и бесцветные листья — заразиха не имеет хлорофилла и не осуществляет фотосинтез, все необходимые вещества она берет у «хозяина».

Яркий пример симбиоза среди растений представляет микориза - сожительство мицелия гриба с корнями высшего растения, рассмотренного выше. Гифы грибов оплетают корни растения и способствуют поступлению в них воды и минеральных веществ из почвы. В свою очередь грибы питаются отмирающими частями растения. В одном кубическом сантиметре почвы суммарная длина содержащихся в нем гифов достигает двух километров.

Мхи, лишайники, водоросли, папоротники и некоторые цветковые (орхидеи) крепятся к древесным растениям. Не являясь паразитами, они самостоятельно производят необходимые вещества посредством фотосинтеза, от хозяина берут на переработку только выделения и отмирающие ткани. Такие растения называют эпифитами, их особенно много в тропиках.

Нередки в природе *косвенные* взаимоотношения между растениями. Посредником здесь являются животные и микроорганизмы. Всем хорошо известно опыление растений насекомыми и птицами. Насекомые, участвующие в опылении, переносят пыльцу от одного растения к другому, осуществляя контакты между ними. Известно около 2000 птиц, которые опыляют цветки в поисках нектара или при ловле насекомых, ищущих убежище в их венчиках.

Косвенные взаимоотношения между растениями выражаются также в изменении растениями окружающей среды. Любое растительное сообщество влияет на совокупность абиотических характеристик среды своего обитания. Примером может служить взаимовлияние растений через изменение факторов микроклимата (ослабление солнечной радиации при затенении почвы, перехват осадков кронами деревьев и др.). Так, ель, затеняя почву, вытесняет из-под своего полога светолюбивые виды, формируя среду для поселения теневых и тенустойчивых видов.

Еще один путь взаимовлияния растений – взаимодействие между ними посредством различных химических выделений. Растения в результате жизнедеятельности выделяют в окружающую среду различные химические вещества, воздействие которых по-разному сказывается на другие растения. Например, выделения фасоли отрицательно сказываются на росте яровой пшеницы. Корневые выделения пырея воздействуют на растущие вблизи с ними другие травянистые растения и даже деревья. Летучие вещества - фитонциды, выделяемые листьями черемухи, убивают различные виды бактерий, отпугивают мух. Большое количество летучих веществ, токсичных

для многих микроорганизмов, выделяют можжевельник, сосна, тополь, эвкалипт.

**Зоогенные факторы** – это воздействие животных друг на друга и на окружающую среду. К факторам воздействия животных на растительность, прежде всего, относится поедание растения целиком или отдельных его органов. Такие животные носят название **фитофаги** (от греч. «фитон» – растение и «фагос» – пожирающий). Фитофагами могут быть крупные животные (лоси, олени, косули, кабаны), мелкие зверьки (зайцы, белки, мышевидные грызуны), разнообразные птицы (рябчик, тетерев, глухарь), многочисленные представители насекомых-вредителей и др.

Объедание животными ветвей и побегов изменяет форму кроны деревьев. Растения, повреждаемые животными, приобретают защитные приспособления (колючки, шипы), усиленно наращивают оставшиеся листья. Много вреда растениям наносят землерои (кроты, суслики). Они поедают не только надземные части растений, но и клубни, луковицы, корневища. Воздействие животных на растения довольно многообразны и сказываются на регулировании численности видов в природных сообществах.

Действие зоогенных факторов непосредственно в среде животных (воздействие животных друг на друга) проявляется главным образом в виде паразитизма, хищничества и конкуренции.

Многие виды животных активно воздействуют на среду. Например, живые организмы играют важнейшую роль в процессах образования и функционирования почвы. Множество организмов различных групп, обитающих в почве, проделывают ходы и норы, тем самым способствуют перемешиванию и аэрации почвы, облегчают рост корней. Проходя через пищеварительный тракт червя, почва измельчается, минеральные и органические компоненты перемешиваются, структура почвы улучшается.

В хорошей почве число червей доходит до 5 млн на 1 гектар. Сквозь ходы, прорытые ими, в почву попадает дождевая вода, проникает воздух, необходимый для жизни почвенных бактерий и грибов, перерабатывающих вещества почвы в природные удобрения для растений. Уже на глубине 2 м корни растений не могут сами пробить себе дорогу в твёрдой, слежавшейся почве и следуют вдоль нор червей. Ходы, прорытые червями, не разрушаются очень долго, т.к. их стенки покрыты слоем слизи, склеивающей частицы почвы.

Выделяют ещё одну группу биотических факторов – **микробиогенные**, к которым относят воздействие простейших микроорганизмов на другие живые существа и на среду обитания. Некоторые бактерии синтезируют антибиотики, которые тормозят рост других простейших и растений. К прямым контактам относятся такие взаимоотношения между микроорганизмами и другими живыми существами как паразитизм и симбиоз (см. выше). В растительных сообществах за счет симбиоза с микроорганизмами растения обеспечиваются минеральным питанием,

защитой от патогенов и растительноядных животных, а иногда регуляцией развития. Эти функции выполняют различные внутриклеточные симбионты.

### 3.4. Антропогенные факторы

Раньше экологи к биотическим факторам относили и воздействие человека на живые организмы, однако в настоящее время выделяют особую категорию факторов, порождаемых человеком.

**Антропогенные** (от греч. «anthropos» – человек) факторы - это все формы деятельности человеческого общества, которые приводят к изменению природы как среды обитания самого человека, так и других видов и непосредственно сказываются на их жизни.

Среди множества антропогенных факторов можно выделить следующие их группы по направленности действия фактора:

- изменение структуры земной поверхности;
- изменение состава биосферы, круговорота и баланса входящего в нее вещества;
- изменение энергетического и теплового баланса отдельных участков и регионов;
- изменения, вносимые в биоту (исторически сложившийся комплекс живых организмов какой-либо территории).

По характеру воздействия выделяют следующие виды антропогенных факторов: физические (использование атомной энергии, перемещение в поездах и самолетах, влияние шума и вибрации и др.), химические (использование минеральных удобрений и ядохимикатов, загрязнение оболочек Земли отходами промышленности и транспорта), биологические (использование биоресурсов) и социальные (отношения людей в обществе).

Воздействие их может быть **прямым** и **косвенным**. Прямое воздействие направлено непосредственно на живые организмы, например, когда человек вырубает лес или отстреливает животных. Нерациональные охота и рыболовство резко сократили численность ряда видов. Косвенное влияние проявляется в воздействии человека на абиотические и биотические факторы среды опосредованно через изменения рельефа, климата, физического и химического состава атмосферы, водоёмов или изменение структуры экосистем. Нарушение природных местообитаний (например, при распашке земель или интенсивном выпасе скота), загрязнение окружающей природной среды отходами промышленности, пестицидами вызывают серьёзные сдвиги в экологическом равновесии, изменяют естественные сообщества растений и животных.

Справедливости ради, следует сказать, что многие виды животных и растений исчезали с лица Земли и без вмешательства человека. Каждый вид, как и отдельный организм, имеет свою юность, расцвет и старость, и

вымирание – процесс естественный. Но в природе оно идет медленно, и обычно уходящие виды успевают смениться новыми, более приспособленными к условиям обитания. Человек же умудрился ускорить процесс вымирания до таких темпов, что эволюция уступила место революционным необратимым преобразованиям экосистем.

Влияние антропогенного фактора в природе может быть как *сознательным*, или преднамеренным, так и *случайным*, или неосознанным. Человек сознательно истребляет или вытесняет одни виды растений и животных, распространяет другие или создаёт для них благоприятные условия. Для культурных растений и домашних животных человек создал в значительной степени новую среду, многократно увеличив продуктивность освоенных земель. Но это исключило возможность существования многих диких видов.

К случайным относятся воздействия, происходящие в природе под влиянием человеческой деятельности, но которые не были заранее предусмотрены и запланированы им, и таких примеров немало: распространение различных вредителей, паразитов, случайный завоз различных организмов с грузом, непредвиденные последствия, вызванные сознательными действиями в природе, например, нежелательные явления, вызванные осушением болот, постройкой плотин, распашкой целины и др.

В последние десятилетия действие антропогенных факторов резко возросло. Это привело к возникновению глобальных проблем экологии, т.е. проблем не знающих границ. В эпоху бурного экономического развития, когда в процесс производства вовлечена практически вся биосфера планеты, человек стал «крупнейшей геологической силой», под действием которой меняется лик Земли. Степень воздействия общества на географическую оболочку, прежде всего, зависит от степени индустриализации общества. Сегодня около 60% суши занимают антропогенные ландшафты. К таким ландшафтам относятся города, села, линии связи, дороги, промышленные и сельскохозяйственные центры. Восемь наиболее развитых стран потребляют более половины природных ресурсов Земли и выбрасывают в атмосферу 2/5 загрязнений.

Человек меняет русла рек, создает новые водные бассейны, искусственно выводит новые породы животных и сорта растений, истребляет некоторые виды животных. Прямым укором человечеству является факт исчезновения многих крупных млекопитающих (исчезли морская корова, дикие лошади и др.).

Немногим более века назад *Странствующий голубь* (*Columba palumbus*) был самой многочисленной птицей в США, если не в мире. Ареной их жизни была большая земля от Мексики до Канады. На голубей открыли массовую охоту. На птиц охотились с сетью, палили из ружей вверх просто из удовольствия и устраивались соревнования. В середине девятнадцатого века массовая охота на голубей стала приносить свои плоды. Поголовье их стало стремительно сокращаться и к концу века их практически не осталось. В 1899

году была застрелена последняя жившая на воле птица. Столь быстрое исчезновение фантастически многочисленного вида повергло американцев в шок. В США в штате Висконсин в одном из парков это печальное событие было увековечено бронзовой доской с надписью: «В память о последнем странствующем голубе, убитом в Бабкоке в сентябре 1899 года. Этот вид вымер из-за алчности и легкомыслия человека». 1 сентября 1914 года в неволе, в зоопарке, американского города Цинциннати умерла голубица Марта - последняя представительница когда-то столь многочисленного вида.

**Морская или Стеллерова корова.** Стеллерова корова была травоядным морским млекопитающим длиной до 10 метров и весом около 4 тонн. Она была открыта немецким учёным Георгом Стеллером в 1741 году. Эти гигантские животные обитали в основном на Командорских островах, где паслись на мелях, питаясь водорослями. На нее охотились ради жира и мяса. Так как Командорские острова находились на пути следования в Америку, то это был очень удобный способ добычи продовольствия: тушами морских коров доверху набивали трюмы кораблей. Последняя морская корова была убита у острова Беринга в 1768 году. Таким образом Стеллерову корову истребили с лица Земли всего за 27 лет.

Уничтожение Стеллеровой коровы - огромная потеря для всего человечества, так как она могла стать первым морским домашним животным, благодаря своей доверчивости, быстрому росту и питательному мясу.

**Бескрылая гагарка** - нелетающая птица семейства чистиковых длиной до 70 см, истребленная в 19 в. Обитала на Атлантическом побережье Европы и Северной Америки.

На протяжении минувших 500 лет при участии человека истреблено почти две трети лесов, а ведь лес сдерживает ветры и таяние снега, увлажняет поля и поддерживает в реках постоянный уровень воды. Пожары и полное обезлесение огромных пространств Северной Америки, Китая, Европы повлекли за собой значительное иссушение климата, усиление водной и ветровой эрозии, обмеление рек, заиление озер, гибель некоторых растений, резкое снижение рыбных запасов и т. п. Под влиянием нерационального применения ядохимикатов гибнут птицы, звери, рыбы и даже люди. Это вызывает большую тревогу во многих странах мира. Природные богатства катастрофически уменьшаются при хищническом истреблении рыбы во время нереста, массовом вылавливании мальков, отстреле птиц и пушных зверей.

Мощное по масштабам и возможным последствиям воздействие человека на природу поставило человечество перед необходимостью принятия научно разработанных мер по сохранению и рациональному использованию ресурсов биосферы.

### **3.5. Законы воздействия экологических факторов на живые организмы**

На живые организмы одновременно влияют многочисленные разнообразные и разнонаправленные факторы среды. Поэтому существование любого организма зависит от целого комплекса факторов. При всем многообразии экологических факторов и сложностях,

возникающих при попытке оценить их совместное (комплексное) воздействие, важно, что составляющие естественный комплекс факторы имеют неодинаковую значимость. Учёным удалось выделить ряд законов и закономерностей, общих для самых различных частных случаев.

Для активной жизни каждого организма необходимо определенное сочетание условий. Если все условия среды обитания благоприятны, за исключением одного, то именно это условие становится решающим для жизни данного организма. Оно ограничивает (лимитирует) развитие организма, поэтому называется *лимитирующим* фактором.

Еще в XIX в. немецкий учёный агрохимик Юстус Либих, изучая влияние различных микроэлементов на рост растений, установил, что урожайность культур определяется не теми веществами, которые присутствуют в относительном изобилии в окружающей среде, а элементами, присутствующими в среде в малых количествах, например, бор или цинк.

Либих назвал это явление законом минимума: *рост растений ограничивается элементом, концентрация которого минимальна, лежит в минимуме.*

Так появился один из важнейших законов экологии; в честь автора его еще называют *законом минимума Либиха*. Фактор, находящийся в недостатке, был назван лимитирующим.

Позднее закон минимума был расширен на все живые организмы и все факторы. В природе любой фактор может оказаться критическим для распространения вида. В современной трактовке этот закон звучит следующим образом: выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей. То есть жизненные возможности организма лимитируются экологическими факторами, количество и качество которых близко к необходимому для данного организма минимуму. Дальнейшее снижение этих факторов ведет к гибели организма.

Однако, как выяснилось позже, лимитирующим может быть не только недостаток, но и избыток фактора, например, гибель урожая из-за дождей, перенасыщение почвы удобрениями и т.п. Понятие о том, что наравне с минимумом лимитирующим фактором может быть и максимум, ввел спустя 70 лет после Либиха американский зоолог В.Шелфорд. В экологии такое положение носит название *закона толерантности Шелфорда*, сформулированного им в 1913 г.

Согласно закону толерантности *лимитирующим фактором процветания популяции (организма) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия*, а диапазон между ними определяет величину выносливости (предел толерантности) или экологическую валентность организма к данному фактору.

Например, эффективность фотосинтеза, как известно, определяется количеством света, падающего на поверхность зеленого листа. Излишнее затенение может привести к подавлению жизнедеятельности растения и даже к его гибели. Это способствует возникновению теневыносливых видов растений. Однако если увеличить поток света, например, для получения большего урожая теневыносливых растений, то эффективность фотосинтеза у них падает. Оптимальные пределы величины светового потока имеют практически все растения.

Таким образом, в экологии под **лимитирующим** (ограничивающим) **фактором** понимается **любой фактор, который ограничивает процесс развития или существования организма, вида или сообщества.**

Им может быть любой из действующих в природе экологических факторов: вода, тепло, свет, ветер, рельеф, содержание в почве необходимых для жизнедеятельности растений солей и химических элементов, а в водной среде - химизм и качество воды, количество доступного кислорода и углекислого газа.

Ограничивающими для распространения вида могут быть и биотические факторы, например, наличие более сильных конкурентов у хищных животных или недостаток опылителей у растений. Именно лимитирующие факторы определяют обычно границы распространения видов (популяций), то есть их ареалы, от них зависит продуктивность сообществ, численность особей и многие другие параметры жизни.

Таким образом, в совокупном давлении среды выделяются факторы, которые сильнее всего ограничивают успешность жизни организма. В наиболее общем виде эту закономерность формулирует **закон ограничивающих (лимитирующих) факторов**, установленный Ф. Блэкманом в 1909 г.: фактор, находящийся в недостатке или избытке, отрицательно влияет на организмы даже в случае оптимальных сочетаний других факторов.

Действие экологических факторов всегда выражается в изменении жизнедеятельности организмов, а в конечном итоге, - приводит к изменению численности популяции. Это и позволяет сравнивать действие различных экологических факторов. Важно отметить, что действие фактора на особь определяется не природой фактора, а его дозой. Например, доза такого фактора как тепло определяется температурой. Таким образом, фактор воздействует на организм определенной дозой, и среди этих доз можно выделить минимальные, максимальные и оптимальные дозы, а также те значения, при которых жизнь особи прекращается (их называют летальными, или смертельными).

Воздействие различных доз на популяцию в целом весьма наглядно описывается графически (рис 3.5.1.).

Благоприятный диапазон действия экологического фактора называется *зоной оптимума* (нормальной жизнедеятельности). Чем значительнее отклонение действия фактора от оптимума, тем больше данный фактор угнетает жизнедеятельность популяции. Этот диапазон называется *зоной угнетения*. Максимально и минимально переносимые значения фактора - это критические точки, за пределами которых существование организма или популяции уже невозможно. Выход за эти пределы ведет к массовой гибели организмов.

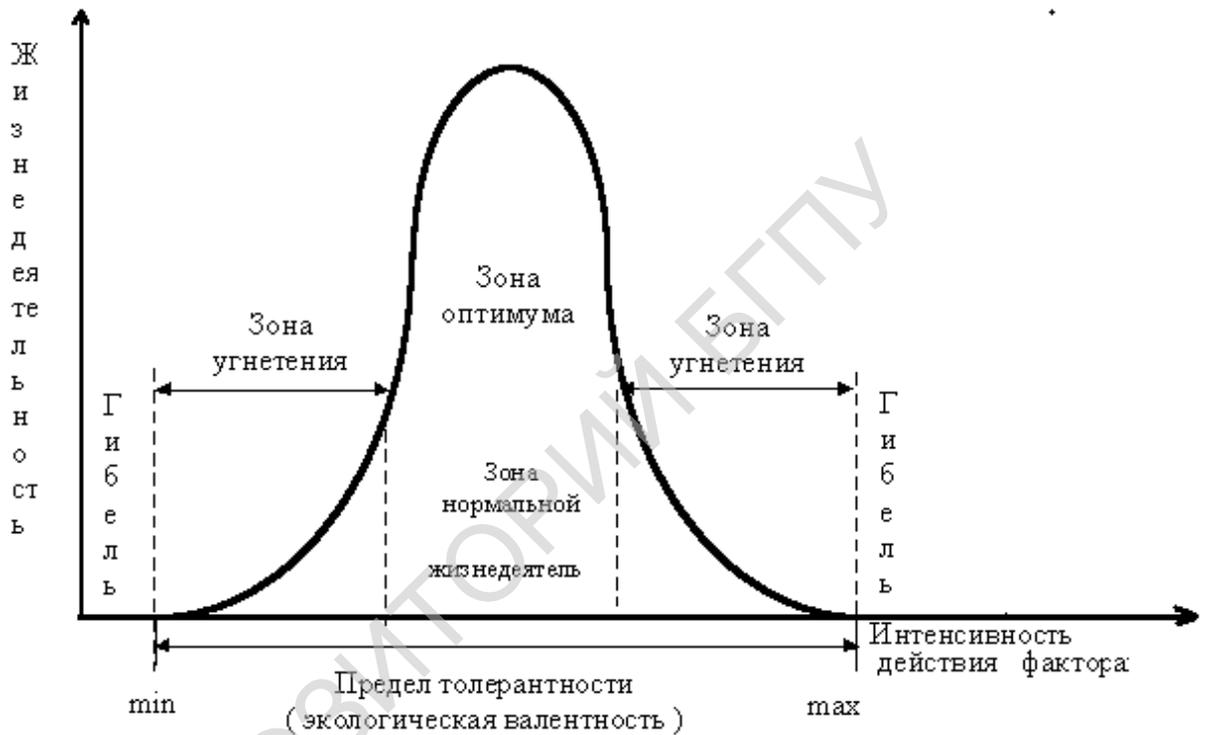


Рис.3.5.1. Зависимость результата действия экологического фактора от его интенсивности

Таких кривых для данного вида организмов можно начертить множество - по каждому из факторов среды. Одна и та же среда обитания может предоставлять организмам такие сочетания различных факторов, что одни из них будут соответствовать зоне оптимальных условий для данного вида организмов, другие будут выходить за пределы этой зоны. Наиболее полные потенциальные возможности данного вида будут проявляться в том случае, если все факторы лежат в зоне оптимума. В соответствии с законом лимитирующих факторов выход за пределы толерантности хотя бы по одному из этих факторов чреват гибелью организмов.

Таким образом, есть общие законы, которым подчиняются ответные реакции организмов на любой фактор среды. К ним относится *закон оптимума*, который выражается в том, что любой экологический фактор имеет определенные пределы положительного влияния на живые организмы. С законами оптимума и лимитирующего фактора постоянно сталкивается практика сельского хозяйства. Например, рост и развитие пшеницы, а следовательно, и получение урожая постоянно ограничиваются то критическими температурами, то недостатком или избытком влаги, то нехваткой минеральных удобрений, а иногда и такими катастрофическими воздействиями, как град и бури. Требуется много сил и средств, чтобы поддерживать оптимальные условия для посевов, и при этом в первую очередь компенсировать или смягчать действие именно ограничивающих факторов.

Кривые толерантности (рис. 3.5.2.) для разных факторов могут иметь более широкую или более узкую форму, соответственно различаются и пределы толерантности организма по отношению к разным факторам. Организмы с широким диапазоном толерантности по отношению к данному фактору называются *эврибионтами* (от греч. «эври» - широкий). Организмы с узким диапазоном толерантности по отношению к данному фактору называются *стенобионтами* (от греч. «стенос» - узкий).

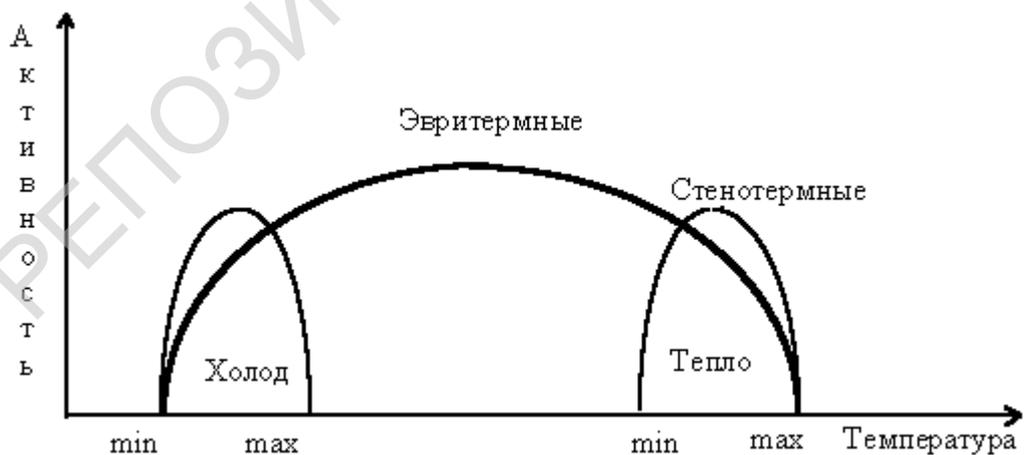


Рис.3.5.2. Пределы толерантности стенотермных и эвритермных организмов

Один и тот же организм может быть стенобионтом по отношению к одним факторам и эврибионтом по отношению к другим. Более того, в разные периоды жизни одного организма его требования к среде могут существенно меняться. Предел толерантности организма изменяется при переходе из одной стадии развития в другую. Часто молодые организмы оказываются более уязвимыми и более требовательными к условиям среды, чем взрослые особи. Например, по отношению к температуре личинки насекомых обычно стенобионтны, в то время как куколки и взрослые особи могут относиться к эврибионтам. Лососи благополучно переносят изменения температуры воды от  $-2^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$ , а их икра развивается только в диапазоне от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $+12^{\circ}\text{C}$ . Многие виды крабов способны продвигаться по рекам далеко вверх, но их личинки в пресной воде развиваться не могут. Многие морские животные могут переносить солоноватую или пресную воду с высоким содержанием хлоридов, поэтому они часто заходят в реки вверх по течению. Но их личинки не могут жить в таких водах, так что вид не может размножаться в реке и не обосновывается здесь на постоянное местообитание. Многие птицы летят выводить птенцов в места с более теплым климатом и т.п. Очень низкая или очень высокая влажность почвы — ограничивающий фактор для личинок сельскохозяйственного вредителя жука-щелкуна. Для борьбы с этим насекомым проводят осушение или сильное увлажнение почвы, вызывающие гибель личинок.

Эврибионты хорошо выдерживают широкий диапазон колебаний факторов среды. К ним относятся многие наземные животные. Например, ареал обитания лисицы распространяется от лесотундры до степей. Виды с широкими диапазонами толерантности обычно первыми заселяют новые районы и легче приспосабливаются к изменениям окружающей среды. То есть эврибионты достойно выдерживают конкуренцию при достаточно широких и непредсказуемых колебаниях факторов среды. В более стабильных условиях в конкурентной борьбе, как правило, побеждают стенобионты, т.к. они оказываются хорошо приспособленными нормально существовать в достаточно суровых условиях, например, в полярных водах, где температура низкая (около  $2^{\circ}\text{C}$ ), но достаточно стабильная, или в жерлах вулканов.

При всей сложности взаимоотношений организмов и среды их обитания не все факторы имеют одинаковое экологическое значение. Так, например, кислород является фактором физиологической необходимости для всех животных, но с экологической точки зрения он становится лимитирующим лишь в определенных местообитаниях. Если в реке гибнет рыба, то в первую очередь должна быть измерена концентрация кислорода в воде, так как она сильно изменчива, запасы кислорода легко истощаются, и его часто не хватает. Например, недостаток кислорода — ограничивающий фактор для форели. Озерные рыбы — карп, сом — приспособлены к жизни в застойных

водах с низким содержанием кислорода. Мелкие водоемы в летнюю жару интенсивно прогреваются; с повышением температуры содержание кислорода в воде падает, и никакие рыбы там неспособны обитать. В особенно жаркие годы в водоемах происходят заморы, аналогичные зимним. Летние заморы бывают в Балтийском и Азовском морях. Высокая температура, как и плотный ледяной покров, лишает водных обитателей кислорода.

Для обитателей наземно-воздушной среды обитания на севере лимитирующий фактор – тепло, на юге – влагообеспеченность. Нормальное выживание пятнистого оленя в Приморье имеет место только в дубняках на южных склонах, т.к. здесь мощность снега незначительна и обеспечивает оленю достаточную кормовую базу на зимний период. Ограничивающим фактором для оленя является глубокий снег.

Однако к такому понятию как «оптимум фактора» нельзя подходить с механистических позиций, в природе все намного сложнее. Действие экологических факторов всегда взаимное. В реальных условиях экологические факторы могут усиливать или ослаблять действие друг друга. Оптимальная зона и пределы выносливости организма по отношению к какому-либо фактору среды могут смещаться в зависимости от того, в каком сочетании действуют одновременно другие факторы. Малое количество азота в почве снижает засухоустойчивость злаков. Мороз в Сибири переносится легче, чем в Беларуси или Прибалтике, так как в этих регионах выше влажность. Угроза замерзания значительно выше при низкой температуре с сильным ветром, чем в безветренную погоду. Для роста растений необходим такой элемент, как цинк, но для растений, растущих в тени, потребность в нем меньше, чем для находящихся на солнце. Происходит так называемая компенсация действия факторов. Обилие пищевых ресурсов повышает устойчивость организмов к климатическим воздействиям. Оптимальная температура позволяет существам расширить диапазон толерантности к недостатку пищи и неблагоприятной влажности.

**Закон компенсации факторов** в экологии также относится к важнейшим закономерностям воздействия экологических факторов на живые организмы: отсутствие или недостаток некоторых факторов может быть компенсирован другим близким фактором.

Однако компенсаторные возможности у факторов ограничены. Нельзя ни один фактор полностью заменить другим, и если значение хотя бы одного из факторов выходит за верхний или нижний пределы выносливости компонента биоты, существование последнего становится невозможным, каковы бы были благоприятны не были остальные факторы. Плохую освещенность, например, нельзя заменить ни избытком тепла, ни избытком влаги. Полное отсутствие воды или хотя бы одного из необходимых

элементов минерального питания делает жизнь растений невозможной, несмотря на самые благоприятные сочетания других условий.

Учет взаимодействия экологических факторов, их взаимно усиливающего или ослабляющего действия - важная научная проблема.

### 3.6. Адаптации организмов к факторам среды

Жизнь развивается в тесном взаимодействии и единстве среды и населяющих ее организмов. Поэтому каждый вид организмов может существовать только в том случае, если он обладает необходимым набором адаптаций, и окружающая его среда соответствует возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям и изменениям.

Процесс приспособления организма к абиотическим и биотическим условиям среды представляет собой универсальное явление. Под адаптацией понимают все виды врожденной и приобретенной приспособительной деятельности, которые обеспечиваются определенными физиологическими реакциями, происходящими на клеточном, органном, системном и организменном уровнях.

Адаптации могут быть морфологическими, физиологическими или поведенческими (этологическими). Это всегда маленькие (а иногда и большие) хитрости природы, позволяющие организмам выживать в трудных условиях. С функциональной точки зрения адаптации можно разделить на приспособления к питанию, защите и размножению.

**Морфологические** адаптации включают изменения формы или строения организма. К ним относятся средства пассивной защиты – структуры и особенности, повышающие вероятность сохранения жизни особи в борьбе за существование, обеспечивающие защиту от хищных животных, как покровительственная, предостерегающая и угрожающая окраска. У животных – твердые покровы, панцири, раковины и т.д. У животных и растений – иглы, колючки и т.д. К морфологическим адаптациям (к абиотическим факторам среды) относятся особое строение конечностей, меховой или перьевого покров и т.д.

У млекопитающих прекрасным примером адаптации к типу питания служат особенности строения зубов. Клыки и коренные зубы у леопардов и других кошачьих исключительно остры, что позволяет этим животным удерживать и разрывать тело жертвы.

Среди морфологических адаптации растений к жизни в холодных широтах важное значение имеют небольшие размеры (карликовость) и особые формы роста. Высота карликовых растений (карликовая береза,

карликовые ивы и др.) обычно соответствует глубине снежного покрова, под которым зимуют растения, так как все части, выступающие над снегом, гибнут от замерзания.

**Физиологические** адаптации связаны с химическими процессами в организме. Так, запах цветка может служить для привлечения насекомых и тем самым способствовать опылению растения. Многие насекомые выделяют химические вещества, привлекающие особей противоположного пола. Устойчивость физиологических параметров внутренней среды (постоянная температура тела, поддержание сахара в крови и других) и создание устойчивости к колебаниям солености, влажности, температуры в течение жизни организма – также результат развития приспособлений в ходе эволюции.

Примером являются физиологические механизмы приспособления растений и животных к недостатку воды. Происходит, как правило, переключение путей метаболизма. У растений недостаток воды компенсируется накоплением в клетках осмотически активных веществ, закрытием устьиц. Повышение солей в почве нейтрализуется накоплением специфических белков и т.д. Это примеры комплексной физиолого-биохимической адаптации.

**Поведенческие** или **этологические** адаптации - это все формы поведения помогающие выжить живым организмам или виду в целом. Типичный пример – зимний сон у медведя. Многие формы поведения основаны на рефлексах и играют существенную роль у птиц и млекопитающих. Этологические адаптации тесно связаны с морфологическими.

Например, подражательное сходство с каким-либо предметом обеспечивает не только окраска, но и поведение – гусеница пяденицы в позе покоя сходна с сухой веткой. Например, выпь гнездится в камышах. В минуты опасности она вытягивает шею и поднимает голову вверх и ее трудно обнаружить даже на близком расстоянии. У птиц брачное поведение самца, его пышные перья и яркая окраска привлекают самку и подготавливают ее к копуляции.

Большинство адаптаций представляет собой сочетание перечисленных типов. Например, кровососание у комаров обеспечивается сложной комбинацией таких адаптаций, как развитие специализированных частей ротового аппарата, приспособленных к сосанию, формирование поискового поведения для нахождения животного-жертвы, а также выработка слюнными железами специальных секретов, которые предотвращают свертывание высасываемой крови.

При всем многообразии форм и механизмов адаптаций живых организмов к воздействию неблагоприятных факторов среды их можно сгруппировать в три основных: активный, пассивный и избегание

неблагоприятных воздействий. Все эти пути имеют место по отношению к любому экологическому фактору, будь то свет, тепло или влажность.

Активный путь – усиление сопротивляемости, развитие регуляторных способностей, дающих возможность пройти жизненный цикл и дать потомство, несмотря на отклонения условий среды от оптимальных. В большей степени этот путь свойствен гомойотермным организмам, но проявляется и у ряда высших растений (ускорение темпов нарастания-отмирания побегов, корней, быстрое цветение). В данном случае механизмы преимущественно физиологические, которые могут сочетаться с морфологическими и поведенческими (шерстяной покров или перья, подкожный жир у животных в условиях холодного климата, способность к экономному использованию воды у пустынных животных и т.д.).

Пассивный путь – подчинение жизненных функций организма внешним условиям. Заключается в экономном использовании энергетических ресурсов при ухудшении условий жизни, повышении устойчивости клеток и тканей. Проявляется в снижении интенсивности обменных процессов, замедлении скорости роста и развития, летнем сбрасывании листьев. Снизить активность процессов жизнедеятельности позволяет переход в состояние анабиоза (покоя). Примером является прекращение активности рептилий при низких температурах, зимняя спячка млекопитающих.

Для растений эти адаптации особенно разнообразны, т.к. в отличие от животных они ведут прикрепленный образ жизни и не могут убежать от неблагоприятных условий. Для них характерно перезимовывание в стадии семян и спор, погребенных в почву органов – луковиц, корневищ, клубней и т.д.

Избегание неблагоприятных условий среды – наиболее характерно для животных - миграция птиц, кочевка оленей и других копытных в поисках корма, зарывание в песок от хищника или просто поиск прохладного места в жаркую погоду и т.д.

Приспособленность любого организма к условиям среды, как правило, обеспечивается за счёт целого комплекса полезных признаков. Все эти признаки составляют гармоничную совокупность, что позволяет организму успешно вести свой особый образ жизни и преодолевать сопротивление среды. Но при изменении среды часть признаков может утратить полезное значение. Дело в том, что не всегда организм быстро может перестроиться соответственно изменениям среды. В этом проявляется относительность приспособленности организма.

Рассматривая экологические факторы выше мы уже отмечали, что по степени направленности действия факторы среды обитания можно разделить на периодические (суточные, годовые и т.п.); повторяющиеся без строгой периодичности (наводнения, ураганы, землетрясения и т.п.); факторы однонаправленного действия (изменение климата, заболачивание и т.п.);

случайные и неопределенные факторы, наиболее опасные для организма, так как зачастую встречаются впервые.

Наилучшим образом живым организмам удается приспособиться к периодическим и однонаправленным факторам, характеризующимся определенностью действий.

Важнейшей из адаптаций к повторяющимся факторам является **фотопериодизм** - это реакция организма на длину светового дня в умеренных и полярных зонах, которая воспринимается как сигнал для смены фаз развития или поведения организмов.

Весной в организмах включаются физиологические процессы, приводящие к росту и цветению растений, у птиц просыпаются гнездовые инстинкты. С приближением осени растения сбрасывают листву, животные линяют и накапливают жир, птицы сбиваются в перелетные стаи, у насекомых наступает стадия покоя. Сигналом для всех этих изменений служит продолжительность дня, с астрономической точностью определяющая время года.

Насекомые даже при высокой температуре с уменьшением продолжительности дня впадают в состояние зимнего покоя. Если гусеницу бабочки-капустницы содержать в условиях длинного дня, то из куколки быстро выходит бабочка, если продолжительность освещенности сократить до 14 часов в сутки, то даже летом формируется зимующая куколка, которая не раскрывается многие месяцы.

Следование организмов ходу собственных биологических часов имеет решающее значение для выживания. Погода зачастую оказывается обманчивой: жаркая осень вдруг сменяется заморозками, а временные похолодания могут случиться и летом, но организмы с непереносимостью следуют календарю.

Изучение фотопериодизма в жизнедеятельности организмов позволило увеличить эффективность использования одомашненных растений и животных. При искусственном освещении в теплицах круглогодично выращиваются овощи, цветы, рассада, повышается яйценоскость на птицефермах.

Продолжительность дня определяет не только наступление зимнего покоя, но и другие сезонные явления у растений. Как известно, длина дня сильно зависит от географической широты. В северном полушарии на юге летний день значительно короче, чем на севере. Поэтому южные и северные виды по-разному реагируют на одну и ту же величину изменения дня: южные приступают к размножению при более коротком дне, чем северные.

Так, длинный день способствует образованию цветков у большинства наших дикорастущих растений. Такие растения называют длиннодневными. Из культурных к ним относятся рожь, овес, большинство сортов пшеницы и ячменя, лен, многие луговые злаки. Однако некоторые растения, преимущественно южного происхождения, например хризантемы, георгины, для цветения нуждаются в коротком дне. Поэтому они зацветают у нас лишь в конце лета или осенью. Растения такого типа называют короткодневными. Но есть растения, нейтральные в отношении фотопериодизма – кукуруза, огурцы, томаты.

Изменение длины дня всегда тесно связано с годовым ходом температуры. Поэтому длина дня служит точным астрономическим предвестником сезонных изменений температуры и других условий. Это объясняет, почему у самых разных групп организмов умеренных широт под влиянием движущих сил эволюции сформировались специальные фотопериодические реакции - приспособления к климатическим изменениям в различное время года. Фотопериодизм - это общее важное приспособление, регулирующее сезонные явления у самых разных организмов.

Реакция организмов на продолжительность дня и ночи показывает, что они способны измерять время, т. е. обладают какими-то «биологическими часами». Эту способность имеют все виды живых существ, от одноклеточных до человека.

«Биологические часы», кроме сезонных циклов, управляют многими другими биологическими явлениями, природа которых еще недавно оставалась загадочной. Они определяют правильный суточный ритм, как активности целых организмов, так и процессов, происходящих даже на уровне клеток, в частности клеточных делений.

Суточная ритмика может служить другим примером адаптации к периодичности природных явлений. Суточные ритмы приспособливают организмы к смене дня и ночи. Животные в течение суток сильно меняют активность. Например, у животных при смене дня и ночи меняется интенсивность дыхания, частота сердцебиений и т.д. К примеру, серые крысы более лабильны к суточной ритмике, чем черные, поэтому они легче осваивают новые территории, заселив уже практически весь земной шар.

У растений интенсивный рост, распускание цветков приурочены к определенному времени суток. По этому признаку различают дневные и ночные виды.

Суточный ритм может захватывать многие процессы в организме. У человека около 100 физиологических характеристик подчиняются суточному циклу: частота сокращения сердца, ритм дыхания, выделение гормонов, секрета пищеварительных желез, кровяное давление, температура тела и многие другие. Поэтому, когда человек бодрствует вместо сна, организм все равно настроен на ночное состояние и бессонные ночи плохо отражаются на здоровье.

Однако суточные ритмы проявляются не у всех видов, а только у тех, в жизни которых смена дня и ночи играет важную экологическую роль. Обитатели пещер или глубоких вод, где такой смены нет, живут по другим ритмам. Да и среди наземных жителей суточная периодичность выявляется не у всех.

Адаптация к факторам, повторяющимся без строгой периодичности, формируется гораздо сложнее. Наиболее опасны для живых организмов факторы неопределенного действия. Именно малозаметные хронические

нарушения, особенно характерные для антропогенного влияния на природу, трудно проконтролировать, а самое главное трудно оценить их последствия. Адаптации к ним формируются крайне медленно, иногда гораздо медленней, чем время накопления доз воздействия факторов сверх пределов, после которых экосистема разрушается. Особенно опасны промышленные отходы, содержащие новые химические вещества, тепловое загрязнение среды и т.д.

Виды, обитающие в сходных условиях и способные противостоять одному и тому же фактору среды, образуют экологическую группу (см. выше). Каждая экологическая группа имеет свой адаптивный комплекс признаков, позволяющий ей успешно выживать в данных условиях. Экологические группы могут быть выделены для любых организмов (растений, животных, грибов, бактерий) по любому градиенту фактора среды. В большинстве случаев они плавно переходят одна в другую, т.к. приспособительные свойства каждого вида индивидуальны, и потому границы между ними условны.

Приспособленность организмов ко всему спектру экологических факторов определённого местообитания отражается во внешнем облике организма – жизненной форме.

### 3.7. Жизненные формы организмов

Комплекс экологических факторов, составляющий специфику данной среды обитания, требует от населяющих это место обитания организмов и комплекса специфических адаптаций. Нередко такой комплекс адаптаций выражается в формировании сходного облика и плана строения организмов, даже если они принадлежат к разным систематическим группам.

**Жизненная форма** – внешний облик и биологические особенности, отражающие приспособленность организма к определенным условиям среды обитания.

Жизненная форма вырабатывается в ходе вековой эволюции видов. Те виды, которые развиваются с метаморфозом, в течение жизненного цикла закономерно сменяют свою жизненную форму. Сравните, например, гусеницу и взрослую бабочку или лягушку и ее головастика. Некоторые растения могут принимать разную жизненную форму в зависимости от условий произрастания. Например, липа или черемуха могут быть и прямостоящим деревом, и кустом. Дуб и ель в лесной зоне или лесном поясе гор представляют собой обычные высокоствольные деревья, в то время как на Крайнем Севере они образуют кустарниковые формы.

Возникновение жизненных форм указывает на сходные пути адаптации к некоторому ведущему экологическому фактору или комплексу факторов.

Сходную жизненную форму имеют животные, обитающие в водной среде – млекопитающие (дельфин), рыбы (акула), птицы (пингвин). Такую же жизненную форму имело вымершее пресмыкающееся ихтиозавр. Одна жизненная форма у обитателей воздушной среды – птицы, летучие мыши, насекомые и почвенной – различные землерои.

Такие же закономерности формирования сходного внешнего облика под влиянием условий среды наблюдаются и у растений. В холодных высокогорьях Памира, Тянь-Шаня, Алтая представители разных семейств (розоцветные, зонтичные и т.д.) имеют укороченные стебли, а листья и цветки плотно сомкнуты – растения – подушки. Кактусы в Америке и молочаи в Африке также имеют сходную форму.

По внешнему облику разных видов животных и растений можно понять, не только в какой среде они обитают, но и какой образ жизни в ней ведут.

Жизненные формы выделяются как среди животных, так и среди растений. У животных они более разнообразны, поскольку животные в отличие от растений динамически лабильны (растениям присущ оседлый способ существования).

Таким образом, на формирование жизненных форм животных основное влияние оказывает их образ жизни. В связи с этим предложено довольно большое количество систем жизненных форм животных. Их выделяют по способам передвижения (например, жизненная форма прыгунов представлена тушканчиками и кенгуру); по способам и месту размножения (живородящие, яйцекладущие, размножающиеся под землей, на поверхности земли и т.п.); иные жизненные формы систематизируются по способам питания (растительноядные, хищники, всеядные и т.д.).

Разнообразие классификаций жизненных форм животных объясняется множеством критериев и принципов, которые положены в основу классификации. У зоологов (а теперь и у экологов) наибольшее распространение получила система жизненных форм Д.Н.Кашкарова. Всех животных он разделил на следующие группы:

I. Плавающие формы:

1. Чисто водные
2. Полуводные

II. Роющие формы:

1. Абсолютные землерои
2. Относительные землерои

III. Наземные формы:

1. Не делающие нор
2. Делающие норы
3. Животные скал

IV. Древесные лазящие формы

V. Воздушные формы.

Существует много различных классификаций жизненных форм растений. В основу выделения жизненных форм растений берут такие признаки, как форма роста, ритм сезонного развития, степень защищенности от неблагоприятных условий наиболее уязвимых частей тела растения. При этом признаки развиваются в сходных условиях у представителей разных систематических групп и поэтому не отражают систематического положения своих обладателей. Например, жизненная форма стеблевых суккулентов, то есть растений, запасующих воду в тканях стебля, представлена двумя систематическими группами - кактусами и молочаями.

Одна из наиболее простых классификаций жизненных форм растений была разработана датским экологом и геоботаником **Кристенем Раункиером** в 1905 г. Она основана на положении почек возобновления (или верхушек побегов) по отношению к поверхности почвы в неблагоприятных условиях (зимой или в засушливый период). Раункиер справедливо полагал, что реакцию растений на климат лучше всего характеризует высота, на которой оно располагает органы возобновления (почки, корневища, луковицы). Выбор высоты помогает растению пережить неблагоприятные погодные условия.

Раункиер выделил 5 основных типов жизненных форм растений:

**фанерофиты:** почки возобновления находятся высоко над землей (деревья, кустарники, деревянистые лианы);

**хамефиты:** почки возобновления находятся невысоко над поверхностью почвы (на 20-30 см) и, как правило, зимой защищены снежным покровом (кустарнички, полукустарники, полукустарнички, некоторые многолетние травы, мхи);

**гемикриптофиты:** почка возобновления находится на уровне почвы (иногда чуть выше) и защищена чешуями, опавшими листьями и снежным покровом;

**криптофиты:** почки возобновления закладываются на корневищах, клубнях, луковицах и находятся на некоторой глубине в почве (геофиты) или под водой (гидрофиты);

**терофиты:** неблагоприятное время года переносят в виде семян (это все однолетние и двулетние растения).

Таким образом, классификация Раункиера отражает приспособленность растений к сезонным изменениям климата. Соотношение жизненных форм растений на некоторой территории в определенной степени является индикатором местного климата.

Спектры жизненных форм для отдельных регионов Земного шара отражают воздействия факторов среды на характер адаптации растений в сообществах. Например, во влажных тропических лесах более 90% растений – фанерофиты: высокие деревья, кустарники, деревянистые лианы. В арктической тундре около 60% растений – это хамефиты: карликовые кустарники и многолетние травы. Таким образом, для зоны тропического дождевого леса характерны фанерофиты, в умеренной зоне господствуют гемикриптофиты, а в пустыне - терофиты.

Сообщества растений и животных устойчивее и полноценнее, если они включают представителей разных жизненных форм. Это значит, что такое сообщество полнее использует ресурсы среды и имеет более разнообразные внутренние связи. Изучение многообразия жизненных форм позволяет глубже познать структуру и динамику сообщества, а также дать экологическую оценку местообитанию.

### Вопросы для повторения

1. Дайте определение абиотических и биотических факторов.
2. Какие группы абиотических и биотических факторов вы знаете?
3. Чем пойкилотермные организмы отличаются от гомойотермных?
4. Какие факторы среды называются эдафическими? Охарактеризуйте их.
5. Какие факторы относятся к группе орографических?
6. В чем особенность воздействия пирогенных факторов?
7. Какие факторы относятся к фитогенным?
8. Какова специфика действия зоогенных факторов?
9. Дайте определение антропогенного фактора. Перечислите группы антропогенных факторов и объясните, как проявляется их действие.
10. Какие факторы называются лимитирующими.
11. Сформулируйте закон минимума Ю.Либиха.
12. В чем специфика закона толерантности В.Шелфорда?
13. Что такое адаптация организма?
14. Назовите основные пути приспособлений организмов к изменяющимся факторам среды.
15. Что такое жизненная форма организма?
16. Приведите классификацию жизненных форм растений по Раункиеру.

## ГЛАВА 4. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ

### 4.1. Определение и сущность популяции

История развития экологии наглядно показывает, что, начиная с начала XX в., центр внимания в экологических исследованиях постепенно смещался с отдельных организмов на группы совместно обитающих особей того или иного вида. В природе каждый существующий вид представляет сложный комплекс или даже систему внутривидовых групп, которые охватывают в своем составе особей со специфическими чертами строения, физиологии и поведения. Такое внутривидовое объединение особей одного вида,

обитающую длительное время на определенной территории, назвали популяцией.

**Популяция (от лат. «populus» – народ, население) - любая совокупность особей одного вида, проживающая длительное время на определенной территории, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.**

Термин «популяция» получил распространение в первой трети XX в., хотя корни этого понятия обнаруживаются еще в древних литературных источниках. Уже в трудах Аристотеля можно найти указания на связи между организмами, сожительства животных и формы группировок. Он выделял группы животных кочевых и оседлых, ведущих одиночный и групповой образ жизни. «Отец ботаники» Теофраст описывал естественные сообщества растений как совокупность видов, приуроченных к определенным ландшафтам. Не останавливаясь на истории развития понятия популяция, отметим, что этот термин укоренился в экологии довольно медленно, и до 1930 г. в научной литературе почти не применялся. До этого времени представление о популяции, как особом явлении органического мира, отсутствовало. Уточнение понятия «популяция» связано с бурным развитием в XX в. таких биологических наук, как генетика и экология.

Термин «популяция» был заимствован из демографии, где обозначал народ, население. Он был впервые введен в 1903 г. датским ученым Иогансенем для определения «естественной смеси особей одного и того же вида, неоднородной в генетическом отношении». В дальнейшем этот термин приобрел экологическое значение и им стали обозначать население вида, занимающего определенную территорию.

Термин «популяция» в настоящее время используют в узком смысле слова, когда говорят о конкретной внутривидовой группировке, населяющей определенный биогеоценоз, и широко, общем смысле, для обозначения обособленных групп вида независимо от того, какую территорию она занимает и какую генетическую информацию несет.

В наиболее общем виде популяцию можно определить как группу организмов одного определенного вида, обитающих совместно на отдельной территории и обладающих общими свойствами. Исходя из такого определения, популяцией можно назвать всех дроздов, живущих в каком-то лесном массиве, всех дафний, населяющих отдельный пруд или лужу, всех мучных жуков, живущих в одной банке. К общим свойствам, объединяющим все эти организмы в особую систему, прежде всего, следует отнести свойство общего родства (конкретнее, генетическое родство организмов, составляющих популяцию) и обитание видов в сходных условиях.

Для генетиков такого определения популяции как любой группы организмов одного вида на определенной территории уже недостаточно. Ведь в этом случае популяция - это и колония мышей в клетке, и видовое население целых ландшафтных зон, например белки в Евразии. Поэтому вместе с развитием понятия популяции экологи все в большей мере учитывают ее определенную внутреннюю структуру, гетерогенность, несхожесть особей одного вида. Популяция предстала как сложное эволюционное образование со своей внутренней структурой и определенными законами организации и функционирования.

Эколога, изучающего отдельные популяции, не устраивает то упрощенное определение, которое удовлетворяло бы эколога, специализирующегося на изучении экосистем. Во-первых, нередки случаи, когда в течение своей жизни особи какого-либо вида переходят из одной экосистемы в другую (например, у стрекоз личинки развиваются в воде). Во-вторых, возможны ситуации, когда на большой территории, занятой одной экосистемой, обитают несколько генетически изолированных популяций, каждая из которых может иметь свои экологические особенности. Поэтому при изучении отдельных популяций необходимо пристально следить за всеми жизненными стадиями изучаемого вида, независимо от того, в состав каких экосистем они входят.

В некоторых случаях эколог трактует изучаемую совокупность особей как популяция, тогда как генетик выделяет в ее пределах группы особей, не родственные друг другу и не обменивающиеся между собой генами.

Среди множества видов живых организмов есть такие, которые в течение длительного времени держатся на одной территории, сохраняя более или менее постоянную численность. Другим видам свойственны сильные колебания численности, нередко сопровождаемые значительными изменениями площади занимаемой территории. Классическим примером могут служить некоторые саранчовые, образующие мигрирующую «стадную» фазу и дающие настоящие вспышки численности. Так, например, у обитающей в Африке красной саранчи в период образования «стадной» фазы область распространения увеличивается в тысячи раз по сравнению с той областью, где она живет постоянно. Так, в 1962 г. на юге Марокко саранча за пять дней уничтожила 7 тыс. т апельсинов (по 60 т в час). Это цифра превышает годовое потребление цитрусовых в такой стране, как Франция.

В 125 г. до н. э. саранча уничтожила все посевы пшеницы и ячменя в римских провинциях Киренаике и Нумидии (в Северной Африке), и население этих стран - 800 тысяч человек! - умерло от голода.

Явления, когда стаи саранчи покрывают воздушное пространство на площади в 5-12 квадратных километров, совсем не редки. В такой стае насчитывается от 700 млн. до 2 млрд. насекомых, а общий их вес составляет

около 3 тыс. т (2,5 т на гектар). Мало того, известны случаи, когда стаи саранчи сплошь затмевали небо на 250 км<sup>2</sup>. Приблизительные подсчеты показывают, что примерно 35 млрд. насекомых, составляющих эту стаю, весят 50 тыс. т. Предполагается, что все насекомые в подобных чудовищных стаях весят, по-видимому, лишь вчетверо меньше, чем все люди на планете!

#### 4.2. Структура и характеристика популяций

Любая популяция характеризуется определенными качественными и количественными признаками, имеет определенную организацию и структуру. Такие признаки могут выражаться статистическими функциями, т.е. популяцию и ее свойства можно описать с использованием математического аппарата. Таковы, например, структура, плотность, численность, рождаемость, смертность. Некоторые характеристики популяций взаимосвязаны: смертность определяет структуру, рождаемость - плотность и т.д.

Следует подчеркнуть, что между отдельным организмом и популяцией организмов существует принципиальная разница. Как капля воды не отражает свойства реки, озера, океана, так и организм, взятый в отдельности, не может характеризовать всю популяцию в целом.

**Единственным носителем признаков популяции является группа особей, но не отдельные особи в этой группе.**

Популяция как биологическая система обладает структурой и функциями. Структура популяции характеризуется составляющими ее особями (численность) и их распределением в пространстве. Функции популяции аналогичны функциям других биологических систем. Им свойствен рост, развитие, способность поддерживать существование в постоянно меняющихся условиях.

Одним из важных параметров, определяющих пространственную структуру, является численность особей в популяции. Наблюдая за свойствами различных популяций, будь то популяции животных или растений, можно видеть, что численность их бывает очень различной. Это может быть и сотня деревьев, встречающихся на гектаре соснового леса, и миллионы одноклеточных водорослей в экосистеме пруда или озера, и несколько грифов, живущих на недоступных скалах, и тучи скворцов над только что засеянным ржаным полем.

Под **численностью популяции** понимается общее количество особей в популяции. Численность популяции не может быть постоянной и зависит от соотношения интенсивности размножения и смертности.

**Плотность популяции** определяется как количество особей вида на единице площади (главным образом земной поверхности) или же в единице объема (водная среда, экспериментальная культура), например, 200 деревьев на 1 га, 50 человек на 1 км<sup>2</sup>, 20 головастиков на 1 м<sup>3</sup> воды.

Особи живых организмов (растения, животные, микроорганизмы) обычно распределены в пространстве неравномерно. Каждая популяция занимает пространство, обеспечивающее средствами к жизни лишь определенное число особей.

В общем виде можно выделить три типа распределения особей: случайное, регулярное (равномерное) и групповое (пятнистое).

**Случайное** распределение характерно для популяций, численность особей которых невелика и потенциальная возможность конкуренции мала. При этом среда обитания организмов должна быть более или менее однородной. В этом случае сила и направление воздействия абиотических и биотических факторов случайно изменяются во времени и пространстве. Случайное распределение встречается в природе не очень часто, хотя само действие случайных природных факторов само по себе не редкость. Такое случайное распределение характерно, к примеру, для пауков, обитающих в лесной подстилке.

Наиболее часто в природе распространено **групповое (пятнистое)** распределение. Оно свойственно многим организмам, обитающим не только в наземных, но и в водных экосистемах. При данном типе распределения организмы образуют разнообразные группировки. Образование таких групп происходит по разным причинам: неоднородность среды, локальные различия в местообитаниях, влияние суточных и сезонных изменений погодных условий; особенности процесса размножения, и т.д.

Примеров группового распределения можно привести множество. Огромными косяками передвигаются с место на место многие рыбы. В большие стаи собираются водоплавающие птицы, готовящиеся к дальним перелетам, северо-американские северные олени карибу в условиях тундры образуют огромные стада.

Такие же примеры можно привести и для растений: пятнистое размещение растений клевера на лугу, пятна мхов и лишайников в тундре, скопление кустарничков брусники в сосновом лесу, обширные пятна кислицы в еловом лесу, земляничные поляны на светлых лесных опушках и т.п.

**Регулярное (равномерное)** распределение может наблюдаться при сильном антагонизме особей (конкуренции), когда вероятность нахождения одной особи рядом с другой крайне мала. В природе такой тип распределения встретить довольно трудно, хотя нередко можно встречать размещение организмов, отклоняющееся от случайного в сторону большей регулярности.

Регулярное распределение чаще всего можно наблюдать в искусственно созданных человеком сельскохозяйственных системах – садах, огородах. Так, при посадке, равномерно можно распределить яблоневые деревья в саду, используя мерную ленту. В огороде таким образом можно высадить кусты ягодных культур, некоторые овощные растения.

Важной характеристикой при исследовании популяции является ее **возрастная структура**. Возрастная структура отражает соотношение различных возрастных групп в популяции и определяет ее способность к размножению. В быстрорастущих популяциях молодые особи составляют большую долю. Поэтому состояние популяции по прошествии определенного промежутка времени будет зависеть от ее нынешнего полового и возрастного состава.

Если в популяции размножение происходит постоянно, то по возрастной структуре устанавливают – сокращается или увеличивается численность.

В большинстве популяций способность к размножению их членов (репродуктивная способность) изменяется с возрастом.

В современной экологии при исследовании возрастного состава популяции выделяют три экологические возрастные группы:

- пререпродуктивную (неполовозрелые молодые особи);
- репродуктивную (особи способны к размножению);
- пострепродуктивную (особи уже не способны к размножению).

Длительность этих возрастов по отношению к общей продолжительности жизни сильно варьирует у разных организмов.

При благоприятных условиях в популяции имеются все возрастные группы и поддерживается сравнительно стабильный уровень численности. Обычно в начальный период роста (пререпродуктивная стадия) организмы размножаться не способны. Длительность этого периода у различных видов сильно варьирует - от нескольких минут у микроорганизмов до нескольких лет у человека, многих млекопитающих, деревьев. Пререпродуктивный период может продолжаться большую часть жизни, как, например, у поденок (личиночное развитие в воде занимает от года до нескольких лет из-за длительного развития личинок) и 17-летней цикады (пререпродуктивная стадия достигает нескольких лет). Однако, характерно, что репродуктивный период у этих видов очень короток (у поденок несколько дней, у цикады менее одного сезона), а пострепродуктивный период и вовсе практически отсутствует, как у многих других видов.

Иное положение наблюдается в популяциях человека, а также животных, которые содержатся в искусственно созданных условиях (комнатные, домашние животные, обитатели зоопарков). Особи в таких популяциях доживают до пострепродуктивного периода. У современного человека три эти «возраста» примерно одинаковы, на каждый из них приходится около трети жизни.

В настоящее время соотношение возрастных экологических групп в популяции людей меняется. Увеличивается число детей, подростков и пенсионеров, т.е. непроизводительных слоев населения. Доля детей до 15 лет в большинстве развивающихся стран увеличилась до 50%, пожилых людей старше 65 лет - до 15%. Такое изменение соотношения возрастных групп приводит к увеличению нагрузки на трудоспособную часть населения.

Изменение в численности, структуре и распределении популяций как реакция на условия окружающей среды называется динамикой популяции.

Динамика популяций в упрощенном варианте может быть описана такими показателями как рождаемость и смертность. Это наиболее важные популяционные характеристики, на основании анализа которых можно судить об устойчивости и перспективном развитии популяции.

**Рождаемость – одна из основных характеристик популяции и определяется как число особей, рожденных в популяции за некоторый промежуток времени (час, день, месяц, год).**

При этом термин «рождаемость» характеризует появление особей любых видов, независимо от способов появления их на свет: будь это прорастание семян подорожника или овса, появление детенышей из яиц у курицы или черепахи, рождение потомства у слона, кита, либо человека.

Экологи различают максимальную рождаемость в условиях отсутствия лимитирующих экологических факторов (добиться этого практически весьма сложно, если даже не невозможно).

**Под максимальной рождаемостью** понимается теоретически возможный максимум скорости образования новых особей в идеальных условиях (когда отсутствуют лимитирующие, ограничивающие размножение, факторы). Размножение организмов сдерживается только их физиологическими особенностями.

Например, теоретическая скорость размножения различных видов во многих случаях может быть довольно высокой. Если мы примем за основу такой показатель, как время захвата видом всей поверхности Земли, то для бактерии холеры *Vibrio cholerae* он будет составлять 1,25 суток, для диатомовой водоросли *Nitschia putrida* - 16,8, для домашней мухи *Musca domestica* - 366, для курицы - около 6000, для слона - 376000 суток. Таким образом, максимальная рождаемость является теоретическим показателем и постоянна для данной популяции.

**Смертность - величина, обратная рождаемости. Это число погибших в популяции особей за единицу времени.**

Подобно рождаемости, смертность можно выразить числом особей, погибших за данный период (число смертей в единицу времени) или же в виде удельной смертности для всей популяции или ее части. При определении смертности популяции учитываются все погибшие особи независимо от причины смерти (умерли ли они от старости или погибли в когтях хищника, отравились ядохимикатами или замерзли от холода и т.д.).

### 4.3. Взаимодействия между популяциями

Популяции организмов вступают между собой в самые различные взаимоотношения, в результате которых происходит положительное или отрицательное влияние одних видов на другие.

Рассмотрим основные типы таких взаимоотношений.

1. **Нейтрализм** (от лат. «нейтралис» - не принадлежащий ни тому, ни другому) - ассоциация двух популяций не сказывается ни на одной из них. Такого рода взаимоотношения в природе встречаются часто. Примеров можно привести много. Это отношения между дождевым червем и комаром, зайца, обитающего под пологом леса и дятла, живущего в дупле дерева, белки и лося, дятлов и дроздов в лесу.

2. **Взаимное конкурентное подавление** - обе популяции подавляют друг друга. Примером взаимного конкурентного подавления могут служить отношения между сорняками и культурными растениями, угнетающие обоих партнеров.

3. **Конкуренция за общий ресурс** - каждая популяция *косвенно отрицательно* воздействует на другую в борьбе за дефицитный ресурс. Это могут быть опосредованные отношения между видами в борьбе за добывание пищи (соперничество между волками, рысями и лисами в северных лесах, между гиенами и львами в саваннах) и т.п.

4. **Аменсализм** (от греч. «а» - отрицание и лат. «менса» - стол, трапеза) - одна популяция подавляет другую, но сама не испытывает отрицательного влияния. Ель в процессе роста сильно затеняет почву и тем самым вытесняет светолюбивые виды, попавшие под ее полог. Изменяя среду, ель подавляет популяции светолюбивых травянистых растений. На рост же самой ели обратного воздействия не происходит.

5. **Хищничество** - одна популяция неблагоприятно воздействует на другую, нападая *непосредственно на нее*, но тем не менее сама зависит от объекта нападения. Хищниками могут быть различные организмы - от простейших до сложноорганизованных. Это львы и волки, пожирающие свою жертву, кровососущие мошки и насекомоядные птицы, это различные

виды рыб, поедающие планктонных рачков дафний, и сами дафнии, питающиеся одноклеточными водорослями.

**6. Протокооперация** (буквально первичное сотрудничество - от греч. «протос» - первый и лат. «кооперацио» - сотрудничество) - обе популяции получают от ассоциации выгоду, но эти отношения необязательны.

Один из распространенных в природе случаев протокооперации относится к совместному существованию буйволовых скворцов (волоклюи) и крупных животных (буйволы, носороги, жирафы, антилопы, зебры, крупный рогатый скот). Волоклюи приспособлены к питанию клещами и насекомыми-кровососами, от которых страдают животные. Присосавшихся клещей птицы, склонив голову набок, срезают как ножницами сжатым с боков клювом. Таким образом, налицо взаимное выгодное сотрудничество организмов.

**7. Симбиоз** (от греч. – «симбиозис» - сожительство) - это тесная взаимосвязь между представителями разных видов, из которых по крайней мере один обойтись без другого не может.

Классическим примером симбиоза являются лишайники. Они состоят из двух компонентов - гетеротрофного гриба (микобионта) и автотрофного организма (фикобионта) - цианобактерии, водоросли. Гриб доставляет фикобионту воду и неорганические вещества и защищает от высыхания, а также обеспечивает прикрепление к почве. От автотрофного компонента он в свою очередь получает углеводы, которые образуются в ходе фотосинтеза.

По степени соединения партнеров и по их типовой зависимости друг от друга различают несколько типов симбиоза: паразитизм, комменсализм, мутуализм.

Паразитизм выгоден одному из партнеров (паразиту) и вреден другому (хозяину). Комменсализм полезен одному симбионту, но не отражается на другом. Мутуализм - это взаимовыгодное сосуществование.

**Паразитизм** (от греч. «пара» - возле и «ситос» - пища) - одна популяция использует другую в качестве среды обитания и источника пищи. Большое количество паразитов имеется среди животных (блохи, вши, клещи, различные виды тлей, бактерии, гельминты и др.), растений (петров крест, подбельник обыкновенный, гнездовка настоящая и др.), грибов (различные виды ржавчинных, головневых, мучнисторосяных грибов).

**Комменсализм** (от лат. «ком» - с, вместе и «менса» - стол, трапеза) - одна популяция извлекает пользу от объединения, а для другой это объединение безразлично. Таким образом, один вид (или популяция) извлекает пользу от сожительства, а другой вид (или популяция) ничего не выигрывает от этого, но и не страдает.

Часто под комменсализмом понимают такое сожительство, при котором один из партнеров питается остатками пищи или продуктами выделения другого, не причиняя ему вреда. Такую разновидность комменсализма,

основанную на потреблении остатков пищи хозяев, называют **нахлебничеством**.

Для крупных организмов можно привести пример сожительства рыб-лоцманов и крупных хищных акул. С одной стороны рыбы-лоцманы находятся в относительной безопасности, а с другой, им переппадают остатки несъеденной акулами пищи. На акул присутствие этих рыб не оказывает никакого влияния.

Нередко можно встретить такую форму взаимоотношений между видами, как **квартиранство**. Под последним понимается сожительство организмов; когда один из видов поселяется в жилище другого или близ него. Такой тип взаимоотношений широко распространен у растений - примером могут служить лианы и эпифиты (орхидеи, лишайники, мхи), поселяющиеся непосредственно на стволах и ветвях деревьев. В гнездах и норах грызунов обитает множество видов членистоногих, некоторые рыбы прячутся под зонтиками медуз со стрекательными нитями. Рыба горчак откладывает икру в убежище - мантию двустворчатого моллюска, не принося ему вреда.

Особенно часто комменсализм можно наблюдать в морской или океанической среде. Практически в каждой норке червя, в каждой раковине двустворчатого моллюска обитают «незваные гости», которые получают здесь укрытие, но не приносят хозяину ни пользы, ни вреда.

**Мутуализм** (от лат. «мутуус» - взаимный) - связь популяций благоприятна для роста и выживания обеих, причем в естественных условиях *ни одна из них не может существовать без другой*.

Классический пример мутуализма - сотрудничество между цветковыми растениями и опыляющими их насекомыми. Насекомое получает необходимый ему нектар, а взамен осуществляет столь необходимый для растения акт опыления. При отсутствии опылителей растения во многих случаях оказались бы на грани вымирания, а насекомые без растительной пищи погибли бы.

Мутуалистическими отношениями является взаимосвязь между жвачными животными (олени, крупный рогатый скот, антилопы) и бактериями, обитающими в их рубце (один из четырех отделов желудка жвачных). Рубец населен многочисленными бактериями из родов *Bacteroides*, *Ruminococcus*, *Clostridium* и др. Бактерии рубца приспособлены только к анаэробным (бескислородным) условиям, и многие виды под воздействием кислорода мгновенно гибнут. Основная пища жвачных - целлюлоза и другие растительные волокна. Однако сами животные лишены ферментов, которые способны разлагать растительный материал. Бактерии же выделяют целлюлозоразрушающие ферменты. Продукты микробной ферментации используются организмом-хозяином, а последний создает для бактерий непрерывный приток субстратов (растительная целлюлоза) и контролирует

условия его сбраживания (нейтрализуя слюной излишнюю кислотность среды, где обитают бактерии).

#### 4.4. Конкуренция. Закон конкурентного исключения Гаузе

Организмы, которые потенциально могут использовать одни и те же ресурсы, называются конкурентами.

**Конкуренция (от позднелат. «concurrentia, concurrere» – сталкиваться) - такое взаимодействие организмов, которое проявляется как взаимное угнетение между ними, вызванное сходными потребностями в ограниченном ресурсе, доступность которого уменьшается при росте численности конкурирующих организмов.**

Конкуренция является главным механизмом возникновения биологического разнообразия. Взаимодействие такого типа приводит к снижению выживаемости конкурирующих особей. Следует отметить, что конкуренция может проявляться и тогда, когда какого-либо ресурса достаточно, но его доступность снижается из-за активного противодействия особей.

Если конкуренты принадлежат к одному виду, то взаимоотношения между ними называют *внутривидовой конкуренцией*. Если же они относятся к разным видам, то это *межвидовая конкуренция*. Объектом конкуренции может служить любой ресурс, запасы которого в данной среде недостаточны. Это может быть ограниченная территория распространения, пища, участок для гнезда, место для произрастания семян.

Конкуренция может носить достаточно острый характер, например, борьба за гнездовую территорию. Такой тип конкуренция носит название *прямой* конкуренции. В большинстве случаев такие конфликты происходят между особями одного вида. Однако, часто конкурентная борьба внешне протекает совсем бескровно. Например, на многих хищных животных, конкурирующих за пищу, другие хищники влияют не прямо, а опосредованно, через уменьшение пищи. То же происходит в мире растений, где при конкуренции одни из них влияют на других опосредованно через перехват питательных веществ, солнца или влаги. Этот тип конкуренции носит название *косвенной* конкуренцией.

Исследования причин и следствий межвидовой конкуренции привели экологов к установлению особых закономерностей в функционировании отдельных популяций. Некоторые такие закономерности были возведены в ранг законов.

Исследуя рост и конкурентные взаимоотношения двух видов ресничных инфузорий, советский биолог Г.Ф.Гаузе сформулировал **закон конкурентного исключения** (принцип конкурентного исключения).

**Закон конкурентного исключения (принцип конкурентного исключения), гласит: два вида не могут существовать в одном местообитании (в одной и той же местности), если их экологические потребности идентичны.**

Поэтому любые два вида с одинаковыми экологическими потребностями обычно бывают разобщены в пространстве или во времени: они живут в разных биотопах, в разных ярусах леса, обитают на разных глубинах в одном водоеме и т.д.

Исследуя рост и конкурентные взаимоотношения двух видов реснитчатых инфузорий, советский биолог Георгий Гаузе провел на них ряд экспериментов, результаты которых опубликовал в 1934 г. Инфузории двух видов *Paramecium caudatum* и *Paramecium aurelia* хорошо росли в монокультуре. Пищей им служили бактериальные или дрожжевые клетки, растущие на регулярно добавляемой овсяной муке. Когда Гаузе помещал оба вида в один сосуд, каждый вид сначала быстро увеличивал свою численность, но со временем *P. aurelia* начинала расти за счет *P. caudatum*, пока второй вид полностью не исчезал из культуры. Этот период исчезновения одного из видов инфузорий длился около 20 дней. Таким образом, борясь за одинаковый пищевой ресурс, один из видов инфузорий вынужден был погибнуть, как слабоконкурентный.

В качестве примера закона конкурентного исключения можно привести изменение численности плотвы, красноперки и окуня при их совместном проживании в озерах. Плотва с течением времени вытесняет красноперку и окуня. Исследования показали, что конкуренция сказывается на стадии мальков, когда кормовые спектры молоди перекрываются. В это время мальки плотвы оказываются более конкурентоспособными.

В природе часто конкурирующие за пищу или пространство виды разделяются во времени. Происходит деление животных на дневные и ночные (ястребы и совы, ласточки и летучие мыши, кузнечики и сверчки, различные виды рыб, проявляющие активность в разное время суток).

### Вопросы для повторения

1. Дайте определение популяции.
2. Почему носителем признаков популяции является группа особей, а не отдельные организмы?
3. Какой тип распределения особей наиболее распространен в природе?

4. Какие возрастные группы в популяции вы знаете?
5. В чем особенность максимальной рождаемости?
6. Перечислите основные типы взаимоотношений между популяциями.
7. Чем протокооперация отличается от мутуализма?
8. В чем сущность нахлебничества и квартиранства?
9. Какие конкурентные отношения наиболее жесткие – межвидовые или внутривидовые, и почему?
10. Какой закон открыл Г.Гаузе? Поведение каких организмов он исследовал?

## ГЛАВА 5. БИОЦЕНОЗ

### 5.1. Понятие биоценоза

Живые организмы встречаются на Земле не в любых случайных сочетаниях, как независимые особи, а в определенной взаимозависимости. Они образуют в природе закономерные комплексы. Впервые на возможность выделения таких комплексов обратил внимание немецкий биолог **Карл Август Мёбиус**. В конце 70-х гг. XIX века он изучал скопления устриц (*Ostrea edulis*) в их местообитаниях – так называемых устричных банках. В отличие от многих естествоиспытателей своего времени, Мёбиуса интересовали не только устрицы сами по себе, но и условия их жизни. Такой комплексный метод исследования в биологии до него еще не применялся. Измеряя и исследуя различные факторы среды, Мёбиус пришел к выводу, что для каждой такой устричной банки они строго специфичны. Мало того, вместе с устрицами здесь встречались и такие разнообразные животные как морские звезды, иглокожие, мшанки, черви, асцидии, губки и другие. Ученый сделал вывод, что все эти животные не случайно живут совместно, в одном местообитании. Они нуждаются в тех же условиях, что и многочисленные устрицы. Таким образом, такие группировки появляются благодаря сходным требованиям к факторам окружающей среды.

Комплексы живых организмов, постоянно встречающихся вместе в различных пунктах одного и того же водного бассейна при наличии одинаковых условий существования, Мёбиус назвал биоценозами. Термин биоценоз был впервые введен им в научную литературу в 1877 г.

**Биоценоз (от греч. «bios» – жизнь и «koïnos» –совместно, вместе, сообща) – это исторически сложившиеся группировки растений, животных и микроорганизмов, населяющие относительно однородное жизненное пространство (участок суши или водоема).**

«Каждая устричная банка, - писал в своем труде Мёбиус, - является сообществом живых существ, собранием видов и скоплением особей, которые находят здесь все необходимое для их роста и существования, то есть соответствующий грунт, достаточно пищи, надлежащую соленость и благоприятную для их развития температуру... Наука, однако, не имеет слова, которым такое сообщество живых существ могло бы быть обозначено; нет слова для обозначения сообщества, в котором сумма видов и особей, постоянно ограничиваемая и подвергающаяся отбору под влиянием внешних условий жизни, благодаря размножению непрерывно владеет некоторой определенной территорией. Я предлагаю для такого сообщества слово «биоценоз».

Заслуга Мебиуса в том, что он не только установил наличие органических сообществ и предложил для них название «биоценоз», но и сумел раскрыть многие закономерности их формирования и развития. Тем самым были заложены основы важного направления в экологии – биоценологии.

В состав биоценозов входят **фитоценозы** (сообщества растений), **зооценозы** (сообщества животных) и **микробоценозы** (сообщества микроорганизмов). Каждый биоценоз развивается в пределах определенного однородного пространства, которое характеризуется определенным сочетанием абиотических факторов. К ним могут относиться количество приходящей солнечной радиации, температура, влажность, химический и механический состав почвы, ее кислотность, рельеф местности и др. Такое однородное пространство, часть абиотической среды, занимаемое биоценозом, называется **биотоп**. Это может быть какой-либо участок суши или водоема, берег моря или склон горы. Биотоп – это неорганическая среда, которая является необходимым условием существования биоценоза. Между биоценозом и биотопом существует тесное взаимодействие.

В конкретный биоценоз включаются не только организмы, постоянно обитающие на определенной территории, но и те, которые оказывают существенное воздействие на его жизнь.

Многие насекомые, к примеру, размножаются в водоемах, где служат важным источником питания рыб и некоторых других животных. В молодом возрасте они входят в состав водного биоценоза, а во взрослом состоянии ведут наземный образ жизни, т.е. выступают как элементы сухопутных биоценозов. Зайцы могут питаться на лугу, а обитать в лесу. То же касается и многих видов лесных птиц, которые ищут себе пропитание не только в лесу, а и на прилегающих лугах или болотах.

Каждый биоценоз можно описать, основываясь на совокупности составляющих его видов. Степень насыщенности видами в различных биоценозах разная. Самая известная закономерность изменения видового разнообразия биоценоза – его уменьшение от тропиков в сторону высоких

широт. Причем, это касается всех групп наземных и водных организмов, начиная от двустворчатых моллюсков, муравьев и летающих насекомых до пресмыкающихся, птиц, деревьев.

Например, во влажных тропических лесах, в Малайзии, на 1 гектаре леса можно насчитать до 200 видов древесных пород. Биоценоз соснового леса в условиях Беларуси может включать максимум до десяти видов деревьев на 1 гектар, а на севере таежной области на такой же площади присутствуют 2-5 видов. Наиболее бедными биоценозами по набору видов являются альпийские и арктические пустыни, самыми богатыми – тропические леса.

Показателем видového разнообразия биоценоза является общее число видов – видовое богатство.

## 5.2. Видовая структура биоценоза

**Видовая структура биоценоза** складывается совокупностью составляющих его видов. В одних биоценозах могут преобладать животные виды, как, например, биоценоз кораллового рифа. В других биоценозах - лесных - главную роль играют растения: биоценоз пойменного луга, ковыльной степи, елового, березового, дубового леса. Количество видов (видовое разнообразие) в различных биоценозах разное и зависит от их географического положения. Установлено, что оно уменьшается от тропиков в сторону высоких широт, что объясняется ухудшением условий жизни организмов.

Самая известная закономерность изменения видového разнообразия - его уменьшение от тропиков в сторону высоких широт. Причем, это касается всех групп наземных и водных организмов, начиная от двустворчатых моллюсков, муравьев и летающих насекомых до пресмыкающихся, птиц, деревьев.

Чем ближе к экватору, тем богаче и разнообразнее становятся флора и фауна. Это относится ко всем формам жизни, начиная от водорослей и лишайников до цветковых растений, от насекомых до птиц и млекопитающих.

В дождевых лесах бассейна Амазонки на площади около 1 га можно насчитать до 400 деревьев, более чем 90 видов. Кроме этого, многие деревья служат опорой для других растений. На ветвях и стволе каждого дерева произрастают до 80 видов эпифитных растений.

Примером высочайшего видového разнообразия может служить один из вулканов на Филиппинах. На его склонах произрастает больше древесных видов, чем на всей территории США!

По сравнению с тропиками биоценоз соснового леса в условиях умеренной зоны Европы может включать максимум до 8-10 видов деревьев

на 1 гектар, а на севере таежной области на такой же площади присутствуют 2-5 видов.

Разнообразие растений предоставляет большой выбор корма для животных. Многообразием млекопитающих здесь способствует большое количество видов летучих мышей, которые питаются насекомыми. Число последних в тропиках достигает 1 миллиона видов. Пищей для насекомых служат тропические фрукты, цветы и листва, которыми богаты тропические леса.

Наиболее бедными биоценозами по набору видов являются альпийские и арктические пустыни, самыми богатыми - тропические леса. В тропических лесах Панамы обитает в три раза больше видов млекопитающих и птиц, чем на Аляске. Правда, не обходится и без исключений. Пингвины и тюлени приполярных областей здесь наиболее разнообразны. Однако, в тропиках таких групп животных, не встречающихся в более высоких широтах значительно больше.

Наиболее простым показателем видовой разнообразия биоценоза является общее число видов - видовое богатство. Если какой-либо вид растения (или животного) количественно преобладает в сообществе (имеет большую биомассу, продуктивность, численность или обилие), то такой вид называется *доминантом*, или *доминирующим видом* (от латинского слова «доминантис» - господствующий).

Доминантные виды есть в любом биоценозе. В ельнике могучие ели, используя основную долю солнечной энергии, наращивают наибольшую биомассу, затеняют почву, ослабляют движение воздуха и создают массу удобств для жизни других обитателей леса.

### 5.3. Пространственная структура биоценоза

Виды могут по-разному распределяться в пространстве в соответствии с их потребностями и условиями местообитания. Такое распределение видов, составляющих биоценоз, называется **пространственной структурой биоценоза**.

Различают вертикальную и горизонтальную структуру биоценоза.

**Вертикальная структура биоценоза** образована отдельными его элементами, особыми слоями, которые называются ярусы.

**Ярус** - совместно произрастающие группы видов растений, различающиеся по высоте и по положению в биоценозе ассимилирующих органов (листья, стебли, подземные органы - клубни, корневища, луковицы и т.п.).

Как правило, разные ярусы образованы разными жизненными формами (деревьями, кустарниками, кустарничками, травами, мхами). Наиболее четко ярусность выражена в лесных биоценозах. Первый **древесный ярус** здесь обычно состоит из высоких деревьев с высоко расположенной листвой, которая хорошо освещается солнцем. Неиспользованный свет может поглощаться деревьями поменьше, образующих второй подпологовый ярус.

Оставшиеся около 10% солнечной радиации перехватывается **ярусом подлеска**. Его составляют кустарники и кустарниковые формы древесных пород, например, орешник, рябина, крушина, ива, яблоня лесная и т.п. На открытых местах, в нормальных экологических условиях, многие кустарниковые формы таких пород как рябина, яблоня, груша имели бы вид деревьев первой величины. Однако под пологом леса, в условиях затенения и нехватки элементов питания, они обречены на существование в виде низкорослых, зачастую не дающих семян деревьев. По мере развития лесного биоценоза, такие породы никогда не выйдут в первый древесный ярус. Этим они отличаются от следующего яруса лесного биоценоза.

**Ярус подроста**. К нему относятся молодые невысокие (от 1 до 3-5 м) деревца, которые в будущем, в перспективе, смогут выйти в первый ярус. Они относятся к так называемым лесообразующим породам. Это ель, сосна, дуб, граб, береза, осина, ясень, ольха черная и др. Данные породы образуют основные лесные массивы. И, хотя условия освещенности, увлажнения, питания для них не совсем благоприятны, они, благодаря своей конкурентноспособности, могут в будущем достичь первого яруса, и образовать биоценозы со своим господством.

Незначительная часть солнечной радиации используется растениями травяного покрова, которые образуют **травяно-кустарничковый ярус**. Сюда относятся наши лесные травы и кустарнички: ландыш, кислица, земляника, брусника, черника, папоротники.

Напочвенный слой мхов и лишайников формирует **мохово-лишайниковый ярус**. Итак, схематично в лесном биоценозе выделяются древостой, подлесок, подрост, травяной покров, и мохово-лишайниковый ярус. Исследования лесоводов показали, что если над кронами высоких деревьев освещенность составляет 100%, то под ними эта цифра уменьшается до 60%. До поверхности же почвы – травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов доходит всего лишь 4-5% солнечного света. Таким образом, от такого экологического фактора, как количество света, в первую очередь зависит ярусность любого лесного биоценоза.

Следует отметить, что ярусов может быть меньше (например, отсутствуют кустарники), или больше (в сложных смешанных древостоях с несколькими древесными породами). В состав ярусов не включают лианы, эпифиты (растения, проживающие на других растениях, но не являющиеся паразитами, например, мхи и лишайники на стволах деревьев), а также

растения-паразиты, которые выделяются в группу **внеярусной растительности**, поскольку затруднительно отнести их какому-либо конкретному ярусу. В лесах умеренного пояса можно выделить 2-3 (реже больше) ярусов. В тропических лесах ярусы выделить довольно сложно, хотя разные виды деревьев характеризуются разной высотой.

Ярусность свойственна и подземным частям растений. Такие ярусы выделяют по глубине залегания всасывающих частей корней. Ярусность в подземной части биоценоза способствует более продуктивному использованию воды и минеральных веществ в разных горизонтах почвы. Благодаря этому на одной и той же территории может обитать большое количество растений. Подземные ярусы не всегда легко выделить, поскольку основная масса корней приходится на самый верхний слой почвы, глубиной до 20-30 сантиметров. Однако, тем не менее, часто можно выделить 2-3, а то и больше подземных ярусов.

Подобно распределению растительности по ярусам, в биоценозах разные виды животных также занимают определенные уровни. В почве живут почвенные черви, микроорганизмы, землеройные животные. В листовом опаде, на поверхности почвы живут различные многоножки, жуки, клещи и другие мелкие животные. В верхнем пологом леса гнездятся птицы, причем, одни могут питаться и гнездиться ниже верхнего яруса, другие в кустарниках, а третьи возле самой земли. Крупные млекопитающие обитают в нижних ярусах.

Ярусность присуща и биоценозам океана и морей. Разные виды планктона держатся различной глубины, в зависимости от освещения. Также разные виды рыб обитают на разной глубине, в зависимости от того, где они находят себе пропитание.

Особи живых организмов распределены в пространстве неравномерно. Обычно они составляют группировки организмов, что является приспособительным фактором в их жизни. Такие группировки организмов определяют **горизонтальную структуру биоценоза - горизонтальное распределение особей видов, образующих различного рода узорчатость, пятнистость каждого вида.**

Примеров такого распределения можно привести множество. Это многочисленные стада зебр, антилоп, слонов в саванне, колонии кораллов на морском дне, косяки морских рыб, стаи перелетных птиц.

Такие же примеры можно привести и для растений: заросли тростников и водных растений, скопления мхов и лишайников на почве в лесном биоценозе, пятна вереска или брусники в лесу.

К элементарным единицам горизонтального строения растительных сообществ относятся такие структурные единицы как микроценоз и микрогруппировка.

**Микроценоз** (от греч. «микрос» - малый и «койнос» - общий) - наименьшая по размерам структурная единица горизонтального расчленения сообщества, которая включает все ярусы. Почти каждое сообщество включает в себя комплекс микросообществ или микроценозов.

**Микрогруппировка** - Сгущение особей одного или нескольких видов в пределах яруса, внутриярусные мозаичные пятна. Например, в моховом ярусе можно выделить различные пятна мхов с доминированием одного или нескольких видов. В травяно-кустарничковом ярусе можно выделить микрогруппировки черничные, чернично-кисличные, голубично-сфагновые и т.п.

Наличие мозаичности имеет довольно важное значение для жизни сообщества. Мозаичность позволяет более полно использовать различные типы микроместообитаний. Особям, образующим группировки, свойственна высокая выживаемость, они наиболее эффективно используют пищевые ресурсы. Это ведет к увеличению и разнообразию видов в биоценозе, способствует его устойчивости и жизнеспособности.

#### 5.4. Экологическая ниша

Понятие экологическая ниша было введено американским зоологом-натуралистом Дж. Гриннеллом (1914) и английским экологом Ч.Элтоном (1927). Гриннелл термином «ниша» определял самую мелкую единицу распространения вида. Элтон описывал нишу как место данного организма в биотической среде, его положение в цепях питания.

**Экологическая ниша – это совокупность факторов среды, в которых обитает тот или иной вид организмов, его место в природе, в пределах которого данный вид может существовать неограниченно долго.**

Так как при определении экологической ниши нужно учитывать большое число факторов, то место вида в природе, описываемое этими факторами, представляет собой многомерное пространство. С этой точки зрения классическое определение экологической ниши дал американский эколог Дж. Ивлин Хатчинсон. Согласно сформулированной им концепции экологическая ниша представляет собой часть воображаемого многомерного пространства (гиперобъема), отдельные измерения которого соответствуют факторам, необходимым для нормального существования вида. Экологическую нишу, определяемую только физиологическими особенностями организмов, Дж. Хатчинсон назвал **фундаментальной**, а ту, в пределах которой вид реально встречается в природе - **реализованной**.

Экологическую нишу можно также определить как место вида в природе, включающее не только положение вида в пространстве, но и

функциональную роль его в сообществе (например, трофический статус) и его положение относительно абиотических условий существования (температуры, влажности и т.п.). Итак, экологическая ниша - это совокупность факторов среды, в которых обитает тот или иной вид организмов, его место в природе.

Вспомним кроликов в Австралии. Ведь они размножились там в невероятном количестве только из-за того, что была свободна экологическая ниша, которую они заняли. Иногда такое внедрение инородного вида в экосистему с незанятыми экологическими нишами - бедствие, иногда такое расселение может служить человеку. Возьмем, к примеру, такого зверька как ондатра. Ее родина – Северная Америка. Ученые сравнили животный мир водно-болотных ландшафтов Северной Америки и Евразии. Оказывается, очень много сходного. И вот в конце 20-х годов этот крупный грызун с довольно ценным мехом был завезен на территорию России и поселен на Соловецких островах в Белом море и у берегов Камчатки. Позже ондатру стали акклиматизировать в пресных водоемах. Сейчас она обычна на территории бывшего Советского Союза. Зверек занял свободную экологическую нишу: берега и мелководья рек, озер и болот. Да и корма в достатке – огромная биомасса водных растений. Так этот чужой для нашей фауны вид помог одеться многим в теплые ондатровые шапки и воротники.

Одна из основных проблем, стоящих перед членами одного сообщества, будь это растения или животные, - это распределение жизненного пространства. Для этого организмы приспособились разделять экологические ниши, причем, это может быть пространственное или временное разделение ниш. Птицы, обитающие в разных местах крон деревьев, могут никогда не сталкиваться с птицами, обитающими в листве кустарников. Многие млекопитающие, например речные бобры, метят территорию своего проживания пахучими выделениями, другие оповещают соседей предостерегающими криками. Цветковые растения распускают свои цветы в разное время года, приспособившись к разносезонным насекомым.

Ученые различают специализированные и общие ниши. Большинство видов растений и животных могут существовать только в специальных нишах, в которых поддерживаются определенные физико-химические факторы, температура и источники питания. После того, как в Китае, например, началось уничтожение бамбука, панда, чей рацион на 99% состоит из бамбука, оказалась на грани вымирания.

Размерность экологических ниш в природе может быть самой различной. Одни организмы могут существовать в широких экологических амплитудах, и тем самым расширять свою экологическую нишу. Другие же наоборот эволюционно приспособились к довольно узким экологическим нишам. Удивительный пример такого сужения экологической ниши можно наблюдать у одного из азиатских видов комаров. Обитающий в Таиланде

*Anopheles dirus* размножается исключительно только в заполненных дождевой водой ямках, остающихся в лесу от следов слоновьих ног!

Иногда экологические амплитуды некоторых видов бывают столь малы, и они занимают такие узкие экологические ниши, что только диву даешься. Вот один из таких примеров: в густонаселенной зоне Тропической Африки прекрасно себя чувствует червь, нашедший пристанище под веками гиппопотама и питающийся исключительно слезами этого животного. Более узкую нишу трудно себе представить.

Еще примеры. Несколько лет назад в непроходимом лесу гавайского острова Мауи был обнаружен новый вид птиц *Melanerpes formicivorus*, относящийся к семейству гавайских цветочниц. Местообитание этих птиц простирается всего лишь на несколько квадратных километров.

Ареал оранжевой жабы (*Bufo periglenes*) охватывает вершину единственной горы в Коста-Рике. Всего за несколько часов весь лес здесь можно вырубить. Тогда золотистой жабе и подобным ей эндемикам (местным видам, обитающим только в данном регионе) придет конец.

### Вопросы для повторения

1. Как определить биоценоз, и из каких составных частей он состоит?
2. Что такое биотоп, дайте его определение.
3. Приведите пример биоценоза.
4. Что такое видовая структура биоценоза?
5. Какие организмы, обитающие в биоценозе, называются доминантами?
6. Чем представлена вертикальная структура биоценоза?
7. Какие элементы горизонтальной структуры биоценоза вы знаете?
8. Как определить экологическую нишу в природной среде?

## ГЛАВА 6. КОНЦЕПЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ

### 6.1. Сущность экосистемы

Термин «экосистема» был предложен в 1935 г. английским ботаником **Артуром Тенсли**. Он считал, что экосистемы представляют собой основные природные единицы на поверхности земли. Это не только комплекс живых организмов, но и все сочетание физических факторов. Всюду, где мы наблюдаем отчетливое единство растений, животных и микроорганизмов, объединенных отдельным участком окружающей среды, мы имеем пример экосистемы.

**Экосистема (экологическая система) - основная функциональная единица экологии, представляющая собой единство живых организмов и**

**среды их обитания, организованное потоками энергии и биологическим круговоротом веществ. Это фундаментальная общность живого и среды его обитания.**

Это любая совокупность совместно обитающих живых организмов и условий их существования (среда обитания).

Все экосистемы принадлежат к открытым термодинамическим системам, относительно стабильным во времени. Открытые термодинамические системы характеризуются тем, что они должны получать и отдавать энергию и обмениваться веществом. Их стабильность создается и регулируется взаимодействием круговорота веществ и потоков энергии. Исходя из общей теории систем, концепция экосистемы, как открытой системы, должна учитывать специфику связанных между собой среды на входе и среды на выходе. К примеру, для биосферы нашей Земли средой на входе будет являться энергия, земное и космическое вещество, а на выходе - осадочные биогенные породы и уходящие в космос газы.

При изучении структуры и функционирования экосистем исследователь сталкивается с некоторыми трудностями. Прежде всего это неопределенная пространственно-временная локализация. Затем, сама природа экосистемы, включающая в себя не только живое население, но и определенные абиотические параметры. Такие абиотические параметры, неживые компоненты являются обязательными структурными составляющими экосистемы. Это могут быть элементы минерального питания, вода и свет для растений, элементы рельефа, служащие убежищем для животных и т.п.

Структура экосистемы, как и любой системы, не может рассматриваться как простое механическое составляющее подсистем низшего уровня, или как иерархическая структура. Обыкновенно, структура экосистемы есть нечто большее, нежели сумма всех ее элементов. При определении понятия «экосистема» особенно важно подчеркнуть особую роль, которая принадлежит процессам взаимодействия живых и неживых ее компонентов.

Понятие «экосистема» можно применить к объектам различной степени сложности и разного размера. Это может быть частичка почвы и капля воды, кочка на болоте и само болото, лужа, озеро и океан, луг, лес, Земля в целом. Примером экосистемы может служить и тропический лес в определенном месте и в конкретный момент времени, населенный тысячами видов растений, животных и микробов, живущих вместе, и связанными миллионами происходящих между ними взаимодействий.

Таким образом, каждая конкретная экосистема может характеризоваться определенными границами (экосистема елового леса, экосистема низинного болота). Однако само понятие «экосистема» является безразмерным, обладает признаком безразмерности, ей не свойственны территориальные ограничения. Обычно экосистемы разграничиваются элементами

абиотической среды, например рельефом, видовым разнообразием, физико-химическими и трофическими условиями и т.п. Размер экосистем не может быть выражен в физических единицах измерения (площадь, длина, объем и т.д.). Он выражается системной мерой, учитывающей процессы обмена веществ и энергии. Поэтому под экосистемой обычно понимается совокупность биотической (живые организмы) и абиотической среды, при взаимодействии которых происходит более или менее полный биотический круговорот, в котором участвуют продуценты, консументы и редуценты. Термин «экосистема» применяется и по отношению к искусственным образованиям, например экосистема парка, сельскохозяйственная экосистема (агроэкосистема).

Экосистемы по их размерности можно разделить на микроэкосистемы (экосистема гниющего пня или дерева в лесу, прибрежные заросли водных растений), мезоэкосистема (болото, сосновый лес, ржаное поле) и макроэкосистема (океан, море, пустыня).

## 6.2. Динамика и развитие экосистем

Экосистемы непрерывно подвержены изменениям. Нескончаемый поток энергии и питательных веществ постоянно влияют на состояние экосистем. Одни виды, постепенно отмирают или вытесняются, и уступают место другим. Внутри экосистем постоянно протекают процессы разрушения и новообразования. Например, старые деревья отмирают, падают и перегнивают, а рядом покоящиеся до поры до времени в почве семена прорастают давая новый цикл развития жизни.

Такие постепенные процессы изменения экосистем могут носить иной характер в случае катастрофических воздействий на них. Если биоценоз разрушается, например, при воздействии урагана, пожара или рубки леса, то восстановление исходного биоценоза происходит медленно.

**Изменение экосистемы во времени в результате внешних и внутренних воздействий носит название динамики экосистемы.**

Изменения сообществ отражаются суточной, сезонной и многолетней динамикой экосистем. Такие изменения обусловлены периодичностью внешних условий.

Составляющие любую экосистему виды не однородны по отношению к проявлению факторов внешней среды. Поэтому одни из них проявляют биологическую активность в дневное время суток, другие более активны к вечеру и ночью. **Суточная динамика** происходит в сообществах всех зон – от тундры до влажных тропических лесов.

Наиболее четко суточная динамика прослеживается в природных зонах с резким колебанием факторов среды на протяжении суток. Например, в пустыне жизнь летом в полуденные часы замирает, хотя некоторые животные и проявляют определенную активность.

В умеренной зоне в дневное время господствуют насекомые, птицы и некоторые другие животные. В сумеречное и ночное время активными становятся ночные насекомые, например, бражники, комары, многие млекопитающие, из птиц – козодои, совы и др. Суточная динамика прослеживается и у растений. Большинство покрытосеменных растений раскрывают свои цветки только в дневное время. Однако у некоторых растений наблюдается увеличение жизненной активности к ночи. Так, вечером усиливается аромат такой орхидеи наших лесов, как любка двулистная. Делается это для привлечения ночных насекомых-опылителей.

Чрезвычайно интересное суточное явление наблюдается у представителей животного планктона (зоопланктона) в морях и пресных водоемах. Днем они держатся на глубине, а ночью поднимаются в поверхностные слои.

**Сезонная динамика экосистем** определяется сменой времен года. Это выражается не только в изменении состояния и активности организмов отдельных видов, но и их соотношений. В первую очередь сезонная динамика затрагивает видовой состав. Неблагоприятные сезонные погодные условия заставляют многие виды мигрировать в районы с лучшими условиями существования. Такое явление хорошо известно для перелетных птиц, у видов же, остающихся зимовать в экосистеме, значительно изменяется их жизненная активность. Большинство видов деревьев и кустарников на зиму сбрасывает листву. Приостанавливается активное деление клеток образовательной ткани. Вегетативные органы однолетних растений отмирают. У многолетних трав жизнеспособными остаются только корневая система и зимующие почки прикрытые от замерзания почвой и снежным покровом. Некоторые виды оседлых животных впадают в спячку, предварительно накопив запасы энергетического сырья – жира. Другие ведут зимой активный образ жизни и способны обеспечить себя кормом.

Со сменой сезонов года связано изменение флористического состава экосистем. Так, войдя в березняк, осинник или дубраву ранней весной, когда еще не распустились листья на деревьях, можно увидеть целые пятна красивоцветущих растений-первоцветов. Эту группу растений составляют виды из семейства лютиковых (ветреница дубравная, чистяк весенний, перелеска благородная, сон-трава) и некоторые другие.

Растения-первоцветы разноцветными пятнами покрывают почву в весеннем лесу: белыми из ветрениц, голубыми из перелесок и сон-травы, желтыми из чистяка, лиловыми из хохлаток. Их развитие является приспособлением к более полному использованию условий местообитания.

Таким же образом к смене сезонов года приспособились и животные. Весной у них появляется потомство. Активизация жизненных процессов приходится на летний период, а осенью они уже начинают готовиться к предстоящей зимовке.

Наряду с сезонной и суточной динамикой экосистем экологов интересуют и более длительные их изменения. Такие изменения происходят в экосистемах благодаря жизнедеятельности живых организмов, которые изменяют среду своего обитания, изымая из нее часть веществ и насыщая ее продуктами своего метаболизма (обмена веществ).

Наряду с сезонной и суточной динамикой экосистем экологов интересуют и более длительные их изменения. Такие изменения происходят в экосистемах благодаря жизнедеятельности живых организмов, которые изменяют среду своего обитания, изымая из нее часть веществ и насыщая ее продуктами своего метаболизма (обмена веществ).

Относительно длительное существование биоценоза на одном месте (сосновый или еловый лес, низинное болото) изменяет биотоп (место, на котором существует биоценоз) так, что он становится малопригодным для существования одних видов, но пригодным для внедрения или развития других. В результате в данном биотопе постепенно развивается другой биоценоз, более приспособленный к новым условиям среды. Такая многократная смена одних биоценозов другими называется сукцессией.

**Сукцессия (от лат. «succession» - преемственность, наследование) - это постепенная, необратимая, направленная смена одних биоценозов другими на одной и той же территории под влиянием природных факторов, или воздействия человека.**

Примеры сукцессий: постепенное зарастание сыпучих песков, каменистых россыпей, отмелей; заселение растительными и животными организмами заброшенных сельскохозяйственных земель (пашни), залежей, вырубок и др. Наблюдать сукцессию можно на заброшенных полях разного возраста, песчаных дюнах или песчаных морских и речных берегах. Если мы будем рассматривать сукцессию на брошенных землях, которые не используются в сельском хозяйстве, то можно видеть, что бывшие поля быстро покрываются разнообразными однолетними растениями. Сюда же попадают семена древесных пород: сосны, ели, березы, осины. Они легко и на большие расстояния разносятся ветром, а также животными. Попав на слабозадерненную почву, семена начинают прорастать. В наиболее благоприятном положении оказываются светолюбивые мелколиственные породы (береза, осина).

Термин «сукцессия» впервые употребил французский ботаник Де Люк в 1806 г. для обозначения смен растительности. Он является одним из

ключевых терминов современной экологии. Этот тип динамики всегда находился в центре внимания экологов, и проблеме сукцессий посвящена обширная литература.

Любое новое местообитание - обнажившийся песчаный берег реки, застывшая лава потухшего вулкана, лужа после дождя - сразу оказывается ареной заселения новыми видами. Характер развивающейся растительности зависит от свойств субстрата. Это же можно сказать и о животных, заселяющих новые территории. Постепенно поселившиеся организмы изменяют среду обитания, например, затеняют поверхность или изменяют ее влажность. Следствием такого изменения среды служит развитие новых, устойчивых ко вновь созданным условиям видов и вытеснение предыдущих. С течением времени формируется новый биоценоз с заметно отличающимся от первоначального видовым составом.

Вначале изменения происходят быстро. Затем скорость сукцессии понижается по мере появления растений, растущих более медленно. Всходы березы образуют густую поросль, которая затеняет почву, и даже если вместе с березой прорастают семена ели, ее всходы, оказавшись в весьма неблагоприятных условиях, сильно отстают от березовых. Светолюбивая береза является серьезным конкурентом для ели. К тому же, специфические биологические особенности березы дают ей преимущества в росте. Березу называют «пионером леса», пионерской породой так как она почти всегда первой поселяется на нарушенных землях и обладает широким диапазоном приспособляемости.

Березки в возрасте 2-3 лет могут достигать высоты 100-120 см, тогда как елочки в том же возрасте едва дотягивают до 10 см. Постепенно, к 8-10 годам березы формируют устойчивое березовое насаждение, высотой до 10-12 метров. Под развивающимся пологом березы начинает подрастать и ель, образуя разной степени густоты подрост. Перемены происходят и в нижнем, травяно-кустарничковом ярусе. Постепенно, по мере смыкания крон березы, светолюбивые виды, характерные для начальных стадий сукцессии, начинают исчезать и уступают место теневыносливым.

Изменения касаются и животного компонента биоценоза. На первых стадиях поселяются майские хрущи, березовая пяденица, затем появляются многочисленные птицы: зяблики, славки, пеночки. Поселяются мелкие млекопитающие: землеройки, крот, еж. Изменение условий освещения начинает благоприятно сказываться на молодых елочках, которые ускоряют свой рост. Если на ранних этапах сукцессии прирост елочек составлял 1-3 см в год, то по прошествии 10-15 лет он достигает уже 40-60 см. Где-то к 50 годам ель догоняет березу в росте и образуется смешанный елово-березовый древостой. Из животных появляются зайцы, лесные полевки и мыши, белка. Заметны сукцессионные процессы и среди птичьего населения. Появляются иволги, питающиеся гусеницами.

Смешанный елово-березовый лес постепенно сменяется лесом еловым. Ель перегоняет в росте соперницу-березу, создает значительную тень, и светолюбивая белоствольная красавица, не выдержав конкуренции, постепенно выпадает из древостоя. Таким образом происходит сукцессия, при которой вначале березовый, затем смешанный елово-березовый лес сменяется чистым ельником. Естественный процесс смены березняка ельником длится более 100 лет. Именно поэтому иногда процесс сукцессии называют вековой сменой.

Если развитие сообществ идет на вновь образовавшихся, ранее не заселенных местообитаниях, где растительность ранее отсутствовала - на песчаных дюнах, на застывших потоках лавы, породах, обнажившихся в результате эрозии или отступления льдов, то такая **сукцессия** называется **первичной**.

В качестве примера первичной сукцессии можно привести процесс заселения вновь образованных песчаных дюн, где растительность прежде отсутствовала. Здесь вначале поселяются многолетние растения, способные переносить засушливые условия. Они укрепляют поверхность дюны и обогащают песок органическими веществами. Вслед за многолетниками появляются однолетники. Их рост и развитие часто способствуют обогащению субстрата органическим материалом, так что постепенно создаются условия, подходящие для произрастания таких растений как ива, толокнянка, чабрец. Эти растения предшествуют появлению проростков сосны, которые закрепляются здесь и, подрастая, образуют через много поколений сосновые леса на песчаных дюнах.

Если на какой-либо местности ранее существовала растительность, но по каким-либо причинам она была уничтожена, то ее естественное восстановление называется **вторичной сукцессией**. К таким сукцессиям может привести, например, частичное уничтожение леса болезнями, ураганом, извержением вулкана, землетрясением, либо пожаром. Восстановление лесного биоценоза после таких катастрофических воздействий происходит в течение длительного времени. Поэтому часто сукцессии называют вековыми сменами.

Большинство сукцессий, наблюдаемых в настоящее время являются сукцессиями **антропогенными** (от греч. «anthropos» - человек), т.е. происходящими в результате воздействия человека на природные экосистемы. Это выпас скота, рубка лесов, возникновение очагов возгорания, распашка земель, затопление почв, опустынивание и т.п.

Примером вторичной сукцессии может быть образование торфяного болота при зарастании озера. Изменение растительности на болотах начинается с того, что края водоема зарастают водными растениями. Влаголюбивые виды растений (камыш, тростник, осока) начинают разрастаться вблизи берегов сплошным ковром. Постепенно создается более

или менее плотный слой растительности на поверхности воды. Отмершие остатки растений постепенно накапливаются на дне водоема. Из-за малого количества кислорода в застойных водах погибшие растения медленно разлагаются и постепенно превращаются в торф. Начинается формирование болотного биоценоза. Появляются сфагновые мхи, на сплошном ковре которого поселяются клюква, багульник, голубика. Здесь же могут поселяться сосенки, образуя редкую поросль тощих деревьев. Постепенно, с течением времени образуется экосистема верхового болота.

Ни один вид растений или птиц не может процветать на протяжении всей сукцессии. По мере роста древостоя животное население в значительной степени меняет свой состав. Появляющиеся хищники и паразиты в значительной степени контролируют видовую структуру биоценоза. Поэтому последовательная и непрерывная смена видов во времени является характерной чертой большинства сукцессионных процессов. В течение сукцессии биомасса живых организмов возрастает, а круговорот веществ увеличивается.

### 6.3. Поток энергии, пищевые цепи, экологические пирамиды

В экосистеме различают три группы организмов, связанных между собой разнообразными пищевыми взаимоотношениями.

**1. Продуценты (от лат. «*producens*» – производящий) - организмы, синтезирующие из неорганических веществ (главным образом воды и двуокиси углерода) все необходимые для жизни органические вещества, используя солнечную энергию (все зеленые растения, цианобактерии и некоторые бактерии), или энергию окисления неорганических веществ (серобактерии, железобактерии и др.).**

Обычно под продуцентами понимают зеленые хлорофиллоносные растения, дающие первичную продукцию. Общий вес сухого вещества фитомассы (массы растений) оценивается в  $2,42 \times 10^{12}$  т. Это составляет 99% всего живого вещества на Земле. И лишь 1% приходится на долю гетеротрофных организмов.

Поэтому только растительности планета Земля обязана существованию на ней жизни. Именно зеленые растения создали необходимые условия для появления и существования вначале разнообразного доисторического зверья, а затем и человека. Погибая, растения аккумулировали энергию в отложениях каменного угля, торфе и даже нефти.

Растения-продуценты дают человеку пищу, сырье для промышленности, лекарства. Они очищают воздух, задерживают пыль, смягчают температурный режим воздуха, приглушают шумы. Благодаря растительности существует то огромное разнообразие животных организмов,

которыми населена Земля. Продуценты составляют первое звено в пищевой цепи и лежат в основе экологических пирамид.

**2. Консументы (от лат «consume» - потребляю), потребители - гетеротрофные организмы, которые питаются готовым органическим веществом.**

Консументы сами не могут строить органическое вещество из неорганического и получают его в готовом виде, питаясь другими организмами. В своих телах они преобразуют органику в специфические формы белков и других веществ, а в окружающую среду выделяют отходы, которые образуются в процессе их жизнедеятельности. Количество органического вещества (биомасса), образованного консументами носит название вторичной продукции.

К консументам (потребителям) относятся животные и человек. К ним также можно отнести и растения-паразиты, которые в своих клетках не имеют хлорофилла, и которые не могут самостоятельно образовывать органические вещества.

Кузнечик, заяц, антилопа, олень, слон, то есть травоядные животные – это консументы первого порядка. Жаба, схватившая стрекозу, божья коровка, питающаяся тлей, волк, закусывающий зайцем, - все это консументы второго порядка. Аист, поедающий лягушку, коршун, уносящий в небо курицу, змея, глотающая ласточку – консументы третьего порядка.

**3. Редуценты (от лат. «reducens, reducentis» — возвращающий, восстанавливающий) — организмы, разрушающие мертвое органическое вещество и превращающие его в неорганические вещества, которые в состоянии усваивать другие организмы (продуценты).**

Основными редуцентами являются бактерии, грибы, простейшие, т.е. находящиеся в почве гетеротрофные микроорганизмы. Если снижается их активность (например, при использовании человеком сильно действующих пестицидов), то ухудшаются условия для продукционного процесса растений и консументов. Мертвые органические остатки, пусть это будет гниющий в лесу древесный пень, или труп какого-либо животного не исчезают в никуда. Обычно для процесса их утилизации мы используем глагол «гнить» или «перегнить». Все это так, но без участия особых организмов сама по себе мертвая органика не смогла бы перегнить. В качестве могильщиков и выступают редуценты (деструкторы, разрушители).

Характерная черта этих организмов – способность к разложению. Они окисляют мертвые органические остатки до  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и простых солей. Редуценты полностью разлагают все растительные и животные остатки до неорганических составляющих, которые снова могут быть вовлечены в круговорот веществ, тем самым, замыкая его. Они вызывают брожение и

гниение остатков живых существ и разнообразных органических отходов. Конечная цель работы редуцентов – разложение мертвого органического вещества на составляющие его компоненты. Так восстанавливается неорганическая материя.

Взаимодействия организмов, занимающих определенное место в биологическом круговороте в экосистемах определяет **трофическую структуру экосистемы** (от греч. «трофе» – питание).

Огромную роль в воспроизводстве жизни играет энергия Солнца. Количество этой энергии очень велико (примерно 55 ккал на 1 см<sup>2</sup> в год). Из этого количества продуценты — зеленые растения в результате фотосинтеза фиксируют не более 1 — 2 % энергии, а в пустынях и в океане — сотые доли процента. Энергия, содержащаяся в органическом веществе одних организмов, потребляется другими организмами.

**Перенос веществ и заключенной в них энергии от автотрофов к гетеротрофам, происходящий в результате поедания одними организмами других, называется пищевой цепью.**

Число звеньев в пищевой цепи может быть различным, но обычно их бывает от 3 до 5. Совокупность организмов, объединенных определенным типом питания, носит название **трофического уровня**. Первый трофический уровень занимают автотрофы, зеленые растения (продуценты), первичные потребители солнечной энергии. Второй - растительноядные животные (консументы первого порядка), третий - хищники, питающиеся растительноядными животными (консументы второго порядка), и паразиты первичных консументов. И, наконец, вторичные хищники (консументы третьего порядка) и паразиты вторичных консументов образуют четвертый трофический уровень. Трофических уровней может быть и больше, когда учитываются паразиты, живущие на консументах предыдущих уровней.

В развитых, сложившихся экосистемах существуют сложные пищевые взаимодействия между автотрофами и гетеротрофами, образующие пищевые цепи.

Простейшая пищевая цепь (или цепь питания) может состоять из фитопланктона, затем более крупных планктонных ракообразных и заканчивается китом, который фильтрует этих ракообразных из воды.

Как-то крестьяне обратились к великому Чарльзу Дарвину, чтобы он подсказал им как увеличить урожай клевера, которые стали катастрофически падать. «Заведите кошек», — ответил ученый. Крестьяне подумали, что он совсем выжил из ума. Но Дарвин знал то, чего не знали крестьяне. Клевер опылялся шмелями, гнезда которых стали разорять расплодившиеся мыши. Вот вам и еще один пример пищевой цепи: клевер — шмели — мыши —

кошки (или лисицы).

Модельная пищевая цепь начинается с улавливания солнечной энергии растением. Бабочка, питающаяся нектаром цветка, представляет собой второе звено в этой цепи. Стрекоза, одно из самых хищных летающих насекомых, нападает на бабочку. Спрятавшаяся среди зеленой травы лягушка ловит стрекозу, но сама служит добычей для такого хищника, как уж. Это уже пятое звено пищевой цепи. Целый день уж мог бы переваривать лягушку, но еще не успело зайти солнце, как он сам стал добычей другого хищника - ястреба. Цепь питания замкнулась. У ястреба, так же как и у кита особых врагов нет. Вот только человека им стоит опасаться.

Следует отметить, что в природе пищевые цепи такой длины никогда не встречаются, потому что последнему звену в такой цепочке не будет хватать энергии. Именно поэтому хищных организмов в природе значительно меньше, нежели травоядных, да и по массе они мельче. Скажем, наиболее крупные хищники – медведи, львы значительно уступают по размерам скажем слонам или китам

Пищевая цепь, идущая от цветка через стрекозу, лягушку, ужа к ястребу, указывает путь органических веществ, а также содержащихся в них энергии. Общее правило, касающееся любой пищевой цепи, гласит, что на каждом трофическом уровне сообщества большая часть поглощаемой с пищей энергии тратится на поддержание жизнедеятельности, рассеивается в виде тепла, а у светящихся организмов - в виде света, причем ни одна из этих форм энергии не может быть использована другими организмами. Таким образом, потребленная пища на каждом трофическом уровне ассимилируется не полностью. Значительная ее часть тратится на обмен веществ. При переходе к каждому последующему звену пищевой цепи общее количество пригодной для использования энергии, передаваемой на следующий, более высокий трофический уровень, уменьшается.

Пищевые цепи в чистом виде в природе встречаются довольно редко. В большинстве случаев один и тот же организм может быть съеден разными хищниками. Одни и те же виды могут быть источником пищи для многих организмов и тем самым являться составной частью различных пищевых цепей. В результате в природе формируются **пищевые сети** – сложный тип взаимоотношений, включающий разветвленные цепи питания (рис. 6.3.1.).

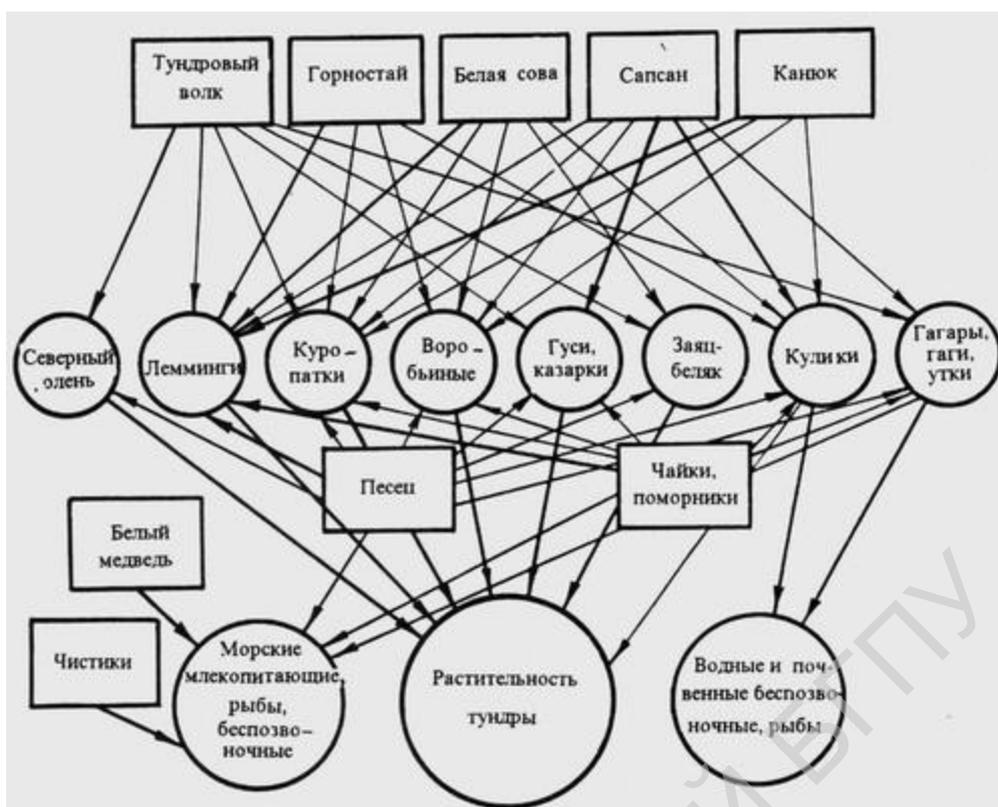


Рис. 6.3.1. Схема цепей питания (пищевая сеть) и потоков вещества и энергии в экосистеме тундры

Трофическую структуру экосистемы обычно отображают графическими моделями в виде *экологических пирамид*. Такие модели разработал в 1927 г. английский зоолог **Чарлз Элтон**.

**Экологические пирамиды** - графические модели (как правило, в виде треугольников), отражающие число особей (пирамида чисел), количество их биомассы (пирамида биомасс) или заключенной в них энергии (пирамида энергии) на каждом трофическом уровне и указывающие на понижении всех показателей с повышением трофического уровня.

Различают три типа экологических пирамид.

**1. Пирамида чисел** (численностей) - отражает численность отдельных организмов на каждом уровне.

Чтобы уяснить себе, что такое пирамида чисел, можно привести такой пример. Предположим, что мы имеем в основании нашей пирамиды 1000 тонн травы, массу которой составляют сотни миллионов отдельных

травинки. Этой растительностью смогут прокормиться 27 млн. кузнечиков. Такому обилию пищи будут рады около 90 тыс. лягушек. Сами лягушки могут служить едой 300 форелям в пруду. А это количество рыбы может съесть за год всего только один человек! Таким образом, в основании пирамиды несколько сотен миллионов травинки, а на ее вершине – один человек. Такова наглядная потеря вещества и энергии при переходе с одного трофического уровня на другой.

Иногда случаются исключения из правила пирамид, и тогда мы имеем дело с перевернутой пирамидой чисел. Это можно наблюдать в лесу, где на 1 дереве живут насекомые, которыми питаются насекомоядные птицы. Таким образом, численность продуцентов оказывается меньше, нежели консументов.

**2. Пирамида биомасс** - соотношение между продуцентами и консументами, выраженное в их массе (общем сухом весе, энергосодержании или другой мере общего живого вещества).

Обычно в наземных экосистемах общий вес продуцентов больше, чем консументов. В свою очередь общий вес консументов первого порядка больше, нежели консументов второго порядка и т.д. Если организмы не слишком различаются по размерам, то на графике обычно получается ступенчатая пирамида с суживающейся верхушкой.

Однако зачастую (это касается в основном водных экосистем) можно получить так называемую обращенную (перевернутую) пирамиду, когда биомасса продуцентов оказывается меньшей, нежели консументов, а иногда и редуцентов. Например, в океане при довольно высокой продуктивности фитопланктона общая масса его в данный момент может быть меньше, чем у потребителей-консументов (киты, крупные рыбы, моллюски).

**3. Пирамида энергии** - отражает величину потока энергии, скорость прохождения массы пищи через пищевую цепь.

На структуру экосистемы в большей степени оказывает влияние не количество фиксированной энергии, а скорость продуцирования пищи.

Установлено, что максимальная величина энергии, передающаяся на следующий трофический уровень, может в лучшем случае составлять 30% от предыдущего, а во многих экосистемах, пищевых цепях эта доля передаваемой энергии составляет всего 1%.

В 1942 г. американский эколог **Р. Линдеман** сформулировал **закон пирамиды энергии (закон 10%)**, согласно которому с одного трофического уровня на другой через пищевые цепи переходит в среднем около 10% энергии, поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды.

Остальная часть энергии тратится на обеспечение процессов жизнедеятельности. Организмы в результате процессов обмена теряют в каждом звене пищевой цепи около 90% всей энергии.

Если заяц съел 10 кг растительной массы, то его собственная масса может увеличиться на 1 кг. Лисица или волк, поедая 1 кг зайчатины, увеличивают свою массу уже только на 100 г, или на 1% от биомассы растений, съеденных зайцем. В случае древесных растений эта доля много ниже из-за того, что древесина плохо усваивается организмами. Для трав и морских водорослей эта величина значительно выше, поскольку у них отсутствуют трудноусвояемые ткани. Однако общая закономерность процесса передачи энергии сохраняется: через верхние трофические уровни ее проходит значительно меньше, чем через нижние. Вот почему большие хищные животные всегда редки, и не существует хищников, которые питались бы волками. В таком случае они просто не прокормились бы, настолько волки немногочисленны.

#### 6.4. Экосистема и биогеоценоз

В истории экологии 20-40-е гг. XX столетия примечательны тем, что именно в это время многие экологи искали ту основную структурную единицу природного целого, которая может лежать в основе биосферных процессов. Англичанин Тенсли предложил такой единицей считать экосистему. В России, а затем и в Советском Союзе развитие теоретической экологии шло по несколько иному руслу.

Еще в 1899 г. В.В. Докучаев писал, что в последнее время все больше формируется и обособляется одна из наиболее интересных дисциплин в области современного естествознания, а именно учение о многогранных соотношениях и взаимоотношениях (а одновременно и о законах, управляющих вековыми изменениями), которые существуют между неживой и живой природой: между поверхностными горными породами, пластикой земли, почвами, наземными и почвенными водами, климатом страны и растительными и животными организмами, в том числе и человеком, гордым венцом природы.

Такой дисциплиной, возникшей в недрах лесной геоботаники и оформившейся впоследствии в фундаментальную науку со своими задачами и методами, является **биогеоценология** (от греч. «bios» - жизнь, «ge» - земля, «koinos» - общий). Основоположником биогеоценологии стал выдающийся геоботаник, лесовод и эколог академик Владимир Николаевич Сукачев, предложивший свою трактовку структурной организации биосферы. Сукачев посвятил свою жизнь разработке общих вопросов фитоценологии - науки о растительных сообществах (фитоценозах). В своих работах он придавал большое значение изучению межвидовых и внутривидовых взаимоотношений растений в растительных сообществах.

**Биогеоценоз по В.Н.Сукачеву - участок земной поверхности с однородными природными явлениями (атмосфера, горная порода, растительность, животный мир, микроорганизмы, почва, гидрологические условия), которые объединены обменом веществ и энергии в единый природный комплекс.**

Сущность биогеоценоза Сукачев видел в процессе взаимного обмена веществом и энергией между составляющими его компонентами, а также между ними и окружающей внешней средой. Важная особенность определения биогеоценоза - то, что он связан с определенным участком земной поверхности.

Исходным понятием при определении биогеоценоза был геоботанический термин «*фитоценоз*» - растительное сообщество, группировка растений с однородным характером взаимоотношений между ними самими и между ними и средой. Растения развиваются на вполне конкретном субстрате - почве, представляющем собой органико-минеральное естественноисторическое природное образование, которое населено микроорганизмами. Еще одним природным компонентом, с которым непосредственно контактируют растения, является атмосфера. Также важны для характеристики биогеоценоза условия увлажнения. Любой фитоценоз всегда населен разнообразными животными.

Объединяя все указанные составляющие в одно целое, мы получим структуру биогеоценоза. Она включает следующие функционально связанные части. Это фитоценоз - растительное сообщество (автотрофные организмы, продуценты); зооценоз - животное население (гетеротрофы, консументы) и микробоценоз - различные микроорганизмы, представленные бактериями, грибами, простейшими (редуценты). Эту живую часть Б. Сукачев относил к *биоценозу*. Неживую, абиотическую часть биогеоценоза составляют совокупность климатических факторов данной территории - климатоп, биокосное образование - эдафотоп (почва) и условия увлажнения (гидрологические факторы) - гидротоп. Такая совокупность абиотических компонентов биогеоценоза носит название *биотоп*. Все взаимодействия компонентов биогеоценоза связаны между собой совокупностью пищевых цепей и взаимообусловлены. Каждый компонент в природе неотделим от другого. Главным создателем живого вещества в пределах биогеоценоза является фитоценоз - зеленые растения. Используя солнечную энергию, зеленые растения создают огромную массу органического вещества. Состав и масса такого вещества зависят главным образом от особенностей атмосферы и почвенных условий, которые определяются, с одной стороны, географическим положением (зональность, отражающаяся существованием определенных типов биомов), а с другой - рельефом местности и расположением фитоценоза. От состава и характеристики растительности

зависит существование комплекса гетеротрофов. В свою очередь биоценоз в целом определяет состав и количество органического вещества, попадающего в почву (степные богатые черноземы, слабогумусированная почва бореальных лесов и крайне бедные почвы влажного тропического леса). Животные в процессе своей жизнедеятельности также оказывают разнообразное влияние на растительность. Исключительно важны взаимодействия между микроорганизмами и растительностью, микроорганизмами и позвоночными и беспозвоночными животными.

Таким образом, развивая идею биогеоценоза и теорию биогеоценологии, В.Н.Сукачев под биогеоценозом понимал сообщество животных и растений вместе с отвечающими ему условиями почвы и атмосферы.

Биогеоценоз, как структурная единица биосферы сходен с предложенной Тенсли трактовкой *экосистемы*. Биогеоценоз и экосистема – понятия сходные, но не одинаковые. Биогеоценоз следует рассматривать как иерархически элементарную комплексную, т.е. состоящую из биотопа и биоценоза, экосистему. Каждый биогеоценоз является экосистемой, но не каждая экосистема соответствует биогеоценозу. В основе обеих формулировок лежит принцип единства живых и неживых компонентов биологических систем.

Прежде всего, любой биогеоценоз выделяется только на суше. На море, в океане, и вообще в водной среде биогеоценоз не выделяются. Биогеоценоз имеет конкретные границы. Они определяются границами растительного сообщества – фитоценоза. Образно говоря, биогеоценоз существует только в рамках фитоценоза. Там, где нет фитоценоза, нет и биогеоценоза.

**Понятия экосистема и биогеоценоз** совершенно тождественны (одинаковы) только для таких природных образований, как, к примеру, лес, луг, болото, поле. Лесной биогеоценоз = лесная экосистема; луговой биогеоценоз = луговая экосистема и т.п. Для природных образований, меньших или больших по объему, нежели фитоценоз, либо там, где фитоценоз выделить нельзя, применяется только понятие экосистема. Например, кочка на болоте – экосистема, но не биогеоценоз. Текущий ручей – экосистема, но не биогеоценоз. Точно также только экосистемами являются море, тундра, влажный тропический лес и т.п. В тундре, в лесу можно выделить не один фитоценоз, а множество. Это совокупность фитоценозов, представляющих более крупное образование, нежели биогеоценоз.

В этом отличие биогеоценоза от экосистемы. Экосистема может быть пространственно и мельче, и крупнее биогеоценоза. Экосистема – образование более общее, безранговое. Это может быть и участок суши или водоема, прибрежная дюна или небольшой пруд, и вся биосфера в целом. Биогеоценоз ограничен границами растительного сообщества – фитоценоза и обозначает конкретный природный объект, занимающий определенное пространство на суше и отделенный пространственными границами от таких

же объектов. Это реальная природная зона, в которой осуществляется биогенный круговорот.

### 6.5. Агроэкосистемы

В биосфере помимо естественных биогеоценозов (лес, луг, болото, река и т.д.) и экосистем существуют и сообщества, созданные хозяйственной деятельностью человека. Такое искусственно созданное человеком сообщества называется агроэкосистем (агроценоз, агробиоценоз, сельскохозяйственная экосистема).

**Агроэкосистема (от греч. «агрос» - поле - сельскохозяйственная экосистема, агроценоз, агробиоценоз) - биотическое сообщество, созданное и регулярно поддерживаемое человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции. Обычно включает совокупность организмов, обитающих на землях сельхозпользования.**

К агроэкосистемам относят поля, сады, огороды, виноградники, крупные животноводческие комплексы с прилегающими искусственными пастбищами. Характерная особенность агроэкосистем - малая экологическая надежность, но высокая урожайность одного или нескольких видов (или сортов культивируемых растений) или животных. Главное их отличие от естественных экосистем - упрощенная структура и обедненный видовой состав.

Агроэкосистемы имеют несколько отличных от экосистем естественных, природных.

- Видовое разнообразие в них резко снижено для получения максимально высокой продукции. На ржаном или пшеничном поле кроме злаковой монокультуры можно встретить разве что несколько видов сорняков. На естественном лугу биологическое разнообразие значительно выше, но биологическая продуктивность уступает засеянному полю во много раз.

- Виды сельскохозяйственных растений и животных в агроэкосистемах получены в результате действия искусственного, а не естественного отбора, что в значительной мере влияет на сужение их генетической базы. В агроэкосистемах происходит резкое сужение генетической базы сельскохозяйственных культур, которые крайне чувствительны к массовым размножениям вредителей и болезням.

- Для агроэкосистем, по сравнению с естественными биоценозами, характерна большая открытость. Это означает, что в естественных биоценозах первичная продукция растений потребляется в многочисленных цепях питания и вновь возвращается в систему биологического круговорота в

виде углекислого газа, воды и элементов минерального питания. Агроэкосистемы же более открыты, и из них изымается вещество и энергия с урожаем, животноводческой продукцией, а также в результате разрушения почв. В связи с постоянным изъятием урожая и нарушением процессов почвообразования, а также при длительном выращивании монокультуры, на культурных землях постепенно происходит снижение плодородия почв. Именно поэтому для получения высоких урожаев необходимо вносить большое количество минеральных удобрений, чтобы поддерживать плодородие почвы.

■ Смена растительного покрова в агроэкосистемах происходит не естественным путем, а по воле человека, что не всегда хорошо отражается на качестве входящих в нее абиотических факторов. Особенно это касается почвенного плодородия.

Почва является важнейшей системой жизнеобеспечения и существования сельскохозяйственного производства. Однако продуктивность агроэкосистем зависит не только от плодородия почвы и поддержания ее качества. В не меньшей мере на нее влияет сохранность среды обитания полезных насекомых (опылители) и других представителей животного мира. К тому же в этой среде обитают многие естественные враги сельскохозяйственных вредителей. Так, уже стал хрестоматийным пример массовой гибели опылителей полей гречихи в США, происходившей при столкновении их с автомобилями в местах близкого расположения сельскохозяйственных угодий к автотрассам.

■ Одна из главных особенностей экосистем состоит в получении дополнительной энергии для нормального функционирования. Без поступления дополнительной энергии извне агроэкосистемы, в отличие от экосистем природных, существовать не могут. Под дополнительной понимается любой тип энергии, привносимый в агроэкосистемы. Это может быть мускульная сила человека или животных, различные виды горючего для работы сельскохозяйственных машин, удобрения, пестициды, ядохимикаты, дополнительное освещение и т.д. Под дополнительной энергией можно также понимать новые породы домашних животных и сорта культурных растений, внедряемые в структуру агроэкосистем.

■ Все искусственно создаваемые в сельскохозяйственной практике агроэкосистемы полей, садов, пастбищных лугов, огородов, теплиц представляют собой системы, специально поддерживаемые человеком. В агроэкосистемах используется именно их свойство производить высокую чистую продукцию, так как все конкурентные воздействия на культивируемые растения со стороны сорняков сдерживаются агротехническими мероприятиями, а формирование пищевых цепей за счет вредителей пресекается с помощью различных мер, например, химической и биологической борьбы.

Следует отметить, что агроэкосистемы являются крайне неустойчивыми сообществами. Они не способны к самовосстановлению и саморегулированию, подвержены угрозе гибели от массового размножения вредителей или болезней. Для их поддержания необходима постоянная деятельность людей.

А какие же признаки сообщества, экосистемы считаются устойчивыми? Прежде всего, это сложная, полидоминантная структура, включающая наибольшее, возможное при данных условиях число видов и популяций. Затем, максимальная биомасса. И последнее – относительное равновесие между приходом и расходом энергии. Несомненно то, что в таких экосистемах наблюдается наименьший уровень продуктивности. Биомасса большая, а продуктивность низкая. Это связано с тем, что основная часть поступающей в экосистему энергии идет на поддержание процессов жизнедеятельности.

Самое важное негативное следствие существования агроэкосистем – это их дестабилизирующее воздействие на биогеохимические циклы биосферы, где осуществляется воспроизводство основных видов экологических ресурсов и совершается регуляция химического состава жизненных сред. На сельскохозяйственных угодьях круговорот биогенов оказывается разомкнутым на десятки процентов. Поэтому есть все основания говорить, что агроценозы с самого начала их существования находятся в антагонистических отношениях с окружающей природной средой. Ныне стало очевидно, что они угрожают разрушением фундаментальных биосферных процессов и повинны в глобальном экологическом кризисе. Это относится ко всем созданным человеком формам, в том числе к самым продуктивным сортам и породам.

Сказанного, по-видимому, достаточно, чтобы продемонстрировать принципиальную неспособность агроценозов взять на себя функции естественных экосистем. Следует только добавить, что в настоящее время человечество не придумало еще иного способа снабжать себя продовольствием, нежели создавая искусственные агроэкосистемы.

### **Вопросы для повторения**

1. В чем смысл концепции экосистемы?
2. Какой размерности могут быть экосистемы.
3. Какие признаки присущи естественным экосистемам?
4. Чем определяется динамика экосистем?
5. Охарактеризуйте суточную и сезонную динамику экосистем.
6. Что такое сукцессия и какие причины вызывают ее возникновение?  
Приведите примеры сукцессий.
7. Как определяется пищевая цепь?

8. Что такое трофический уровень?
9. Что такое экологическая пирамида, какие типы экологических пирамид вы знаете?
10. Что такое биогеоценоз и как он соотносится с экосистемой?
11. Какие функционально связанные части можно выделить в биогеоценозе?
12. Чем определяются границы биогеоценоза?
13. Приведите примеры биогеоценозов.
14. Дайте определение агроэкосистемы, приведите примеры агроэкосистем.
15. В чем проявляются существенные различия между природными экосистемами и агроэкосистемами?

## ГЛАВА 7. БИОСФЕРА

### 7.1. Понятие биосферы. Учение В.И.Вернадского о биосфере

Впервые представление о биосфере было введено в естествознание известным французским натуралистом Ж.Б.Ламарком. Ему принадлежит приоритет в формулировке самого понятия биосфера, хотя термина этого при его жизни еще не существовало. В своих лекциях 1800 г он отмечал, что живые тела содержат все неорганические вещества, наблюдаемые в природе, и объяснил это активным участием животных и растений в формировании поверхности Земли. Именно работы Ламарка положили начало научным взглядам на существование на нашей планете определенного пространства заселенного живыми существами и на то, что это пространство организовано именно жизнедеятельностью живых организмов.

Значительно позже в 1872г в научный оборот термин «биосфера» ввел австрийский геолог **Эдуард Зюсс**. Сама же идея о влиянии жизни на природные процессы на огромных пространствах Земли впервые научно обоснована на рубеже XIX и XX столетий в трудах В.В.Докучаева, который указал на зависимость типа почвообразования не только от климата, но и от совокупного влияния растений и животных.

Однако заслуга в разработке наиболее стройного и целостного учения о биосфере как глобальной экосистеме системы Земли, где весь основной ход геохимических и энергетических превращений определяется жизнью, принадлежит академику **В.И. Вернадскому**. Свое фундаментальное обобщение о строении и функционировании этой цельной «оболочки Земли» населенной живым веществом он изложил в книге под названием «Биосфера», которая вышла в 1926 г.

Вернадский назвал биосферой ту оболочку Земли, в которой существует или когда-либо существовала жизнь и которая постоянно подвергалась и подвергается воздействию живых организмов. «Участие каждого отдельного организма в геологической истории Земли ничтожно мало. Однако живых существ на Земле бесконечно много, они обладают высоким потенциалом размножения, активно взаимодействуют со средой обитания и в конечном счете, представляют в своей совокупности особый, глобальных масштабов фактор, преобразующий верхние оболочки Земли...», - писал Вернадский.

Согласно современным представлениям, **биосфера** (от греч. «bios» - жизнь, «sphaera» - шар) — это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

В.И Вернадский (1965) выделил в биосфере 7 главных компонентов, глубоко разнородных, но геологически не случайных:

1) живое вещество (вся совокупность живых организмов на планете). Вернадский в качестве его основных характеристик рассматривал суммарную массу, химический состав и энергию;

2) биогенное вещество, которое образовано живым веществом, т.е. это продукты жизнедеятельности живого вещества временно не участвующие в биотическом круговороте (каменный уголь, нефть, известняк). Это источник чрезвычайно мощной потенциальной энергии;

3) косное вещество, образовавшееся без участия живых организмов. В современных условиях это магматические горные породы, а также водяной пар и газы, которые поступают в атмосферу Земли при извержении вулканов;

4) биокосное вещество, которое по Вернадскому является особой категорией. Он отмечал, что биокосное вещество «создается в биосфере, одновременно живыми организмами и косными процессами, представляя системы динамического равновесия тех и других». Биокосное вещество планеты, в котором живые организмы играют ведущую – это разнообразные почвы, кора выветривания, все природные воды;

5) вещество радиоактивного распада (элементы и изотопы уранового, ториевого и актиноуранового ряда);

6) вещество рассеянных атомов земного происхождения и космических излучений;

7) вещество космического происхождения в форме метеоритов, космической пыли.

Таким образом сущность учения Вернадского заключена в признании **исключительной роли живого вещества**, непрерывно преобразующего облик нашей планеты.

Суммарный результат его деятельности за весь геологический период существования Земли огромен. По словам В.И.Вернадского, «на земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом». Именно живые организмы улавливают и преобразуют лучистую энергию Солнца и создают бесконечное разнообразие нашего мира.

Он писал: «Жизнь захватывает значительную часть атомов, составляющих материю земной поверхности. Под ее влиянием атомы находятся в непрерывном интенсивном движении. Из них все время создаются миллионы разнообразнейших соединений. И этот процесс длится без перерыва, десятки миллионов лет, от древнейших археозойских эр и до нашего времени. На земной поверхности нет химической силы более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом».

Вторым главным аспектом учения В.И.Вернадского является разработанное им представление об *организованности биосферы*, которая проявляется в согласованном взаимодействии живого и неживого, взаимной приспособляемости организма и среды. «Организм, - писал Вернадский, - имеет дело со средой, к которой он не только приспособлен, но которая приспособлена и к нему».

Вернадский понимал под биосферой и ту часть земной коры, которая подверглась в течение геологической истории влиянию организмов. Многие же исследователи, вкладывают в это понятие несколько иной смысл, сужая представление о биосфере и рассматривая ее лишь как ту часть поверхности Земли, которая находится непосредственно под влиянием живых организмов в настоящее время.

Где истина судить трудно, но тем не менее, необходимо представлять, что биосфера это сложная система, состоящая из множества компонентов, которые включают всю живую и неживую природу, охватывая одновременно атмосферу» гидросферу и верхнюю часть литосферы, взаимосвязанные биогеохимическими циклами миграции вещества и энергии. С одной стороны это среда жизни, а с другой – результат жизнедеятельности. Проще говоря, биосфера это область Земли, которая охвачена влиянием живого вещества.

## 7.2. Происхождение жизни и эволюция биосферы

Прежде чем рассмотреть живое вещество планеты и его характеристику в биосферном масштабе кратко остановимся на важнейшей и не менее интересной проблеме современного естествознания о возникновении жизни в биосфере. В свете современных представлений можно предполагать, что жизнь возникла при переходе химической

эволюции вещества к эволюции биологической. Однако время и место этого перехода представляет собой загадку, к решению которой только подходят в последние годы. Как отметил выдающийся палеонтолог Б.С. Соколов, даже на «сумасшедший вопрос», что древнее — Земля или жизнь на ней нельзя дать определенного ответа. Возможно они ровесники, и поэтому предпочтительнее говорить о появлении жизни на Земле, а не о ее происхождении.

В 1861г знаменитый английский физик Томсон вычислил время остывания Земли и оценил ее возраст в 24 млн. лет. На этом основании он выступил против эволюционной теории Дарвина, отметив, что за столь короткий срок не мог свершиться длительный процесс биологической эволюции путем естественного отбора и других факторов. Чарльз Дарвин настолько был огорчен этим выступлением, что назвал известного физика «омерзительным явлением». Значительно позже в связи с открытием радиоактивности и использованием этого метода для измерения геологического времени оказалось, что расчеты Томпсона были ошибочны. Возраст Земли по современным оценкам равен приблизительно 4,55 млрд. лет, а возраст древнейших, сохранившихся остатков земной коры приближается к 4 млрд. лет.

Наши знания о ранее живших организмах представляются довольно жалкими. Миллиарды предков современного растительного и животного мира безвозвратно исчезли в геологическом прошлом, не оставив после себя остатков в виде тех или иных форм ископаемых. По оценкам некоторых палеонтологов, в геологической летописи сохранилось всего лишь около 0,01% от числа видов, населявших поверхность Земли в течение ее истории. Это, естественно связано с плохой сохранностью тела организмов после их гибели. Самые древние ископаемые останки живых существ имеют возраст 3,5 млрд. лет. Они найдены в осадочных породах северо-западной Австралии и представляют собой микроскопические одноклеточные организмы, в форме соприкасающихся друг с другом клеток, похожие на бактерий и очень напоминающих современную группу, известную под названием цианобактерии (сине-зеленые водоросли) (рис. 7.2.1). Эти ископаемые обнаруживают значительное морфологическое разнообразие, что позволяет предположить их образование задолго до отложения этой древнейшей осадочной породы.

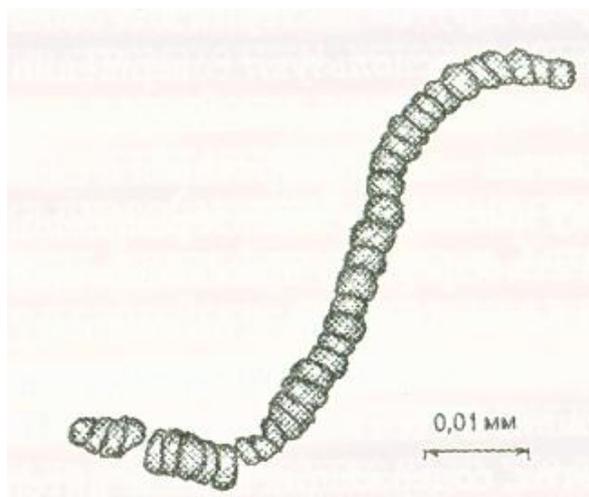


Рис. 7.2.1. Окаменевший остаток нитеподобной бактерии из осадочных пород северо-западной Австралии, возраст 3,5 миллиарда лет

Сочетание недавно полученных микропалеонтологических, биогеохимических и изотопных данных упорно свидетельствует о том, что жизнь на Земле существовала столько времени, сколько существовала и сама наша планета. В свете новых данных неизбежно следует вывод о раннем зарождении жизни в пределах Солнечной системы. Возникает новая космохимическая проблема — выяснение способов возникновения ближайших предшественников жизни в процессах формирования самой Солнечной системы. Это сложная проблема, которая только недавно поставлена.

По всем данным космохимии, наиболее обильный газ первичной атмосферы Земли был представлен углекислым газом. Однако этот газ не способен самопроизвольно превращаться в органические соединения. Скудность водорода или же его быстрая потеря в условиях ранней Земли также снижала возможность образования органических веществ в атмосфере, как это предполагалось в некоторых популярных гипотезах о происхождении жизни. Отмеченные обстоятельства говорят в пользу вывода о том, что образование основной массы сложных органических веществ как родоначальников жизни совершалось за пределами Земли в период, предшествующий ее образованию.

По-видимому, существовали две возможности развития событий. Либо химическая эволюция, начавшись в космических условиях, продолжалась в условиях Земли и в относительно короткие сроки привела к образованию первых живых организмов. Либо образование первых сложных молекул ДНК, лежащих в основе наследственности, произошло в космических условиях, а полная реализация возможностей ДНК наступила в первых водоемах нашей планеты, содержащих растворенные органические вещества.

Возможно, первый живой организм состоял из одной клетки. Возможно, это была очень простая бактерия или что то напоминавшее бактерию (см. рис. 7.2.1). Источником питания для этих организмов могли служить молекулы углеводов, составляющие ил на дне мелкого моря. От этого способа питания оставался один шаг до усвоения или «поедания» сначала продуктов жизнедеятельности, а затем и мертвых тел таких же организмов. Следующим шагом логично должно было явиться поедание живого органического вещества. Первые живые организмы, начали стремительно развиваться, но их сдерживала ограниченность минеральных ресурсов. Они вынуждены были овладеть новыми источниками вещества и энергии, и приобрели новые качества, разделившись на растения и животные. Это был переломный этап в эволюции биосферы – переход от гетеротрофного режима питания к автотрофному, основанному на процессе фотосинтеза. С появлением фотосинтезирующих организмов началось образование свободного кислорода, что со временем стало предпосылкой для создания в атмосфере озонового экрана, а также появления дыхания – процесса обратного фотосинтезу. В результате дыхания выделяется углекислый газ, крайне необходимый для роста и развития растений, высвобождается большое количество энергии, которое используется для интенсивных жизненных процессов. Именно дыхание обусловило существование животных, активно перемещающихся в пространстве. В свою очередь, движение потребовало координации частей тела, точного контроля и способности принимать адекватные решения. Для этого нужен был мозг, еще одно имеющее большую ценность отличие животных от растений.

Нам сейчас трудно восстановить облик первых биосфер, хотя можно предположить, что древняя биосфера ограничивалась только гидросферой. Очевидно, что, интенсивно размножаясь, живые организмы в древней биосфере начали осваивать наземно-воздушную среду, принимать участие в формировании, а затем и заселении почвы. Живое вещество, вовлекло в грандиозный круговорот все элементы ее поверхности. Так начался процесс создания биосферы, продолжающийся до настоящего времени. В процессе жизнедеятельности организмов в корне преобразовалась неживая часть биосферы. В атмосфере появился свободный кислород, а в ее верхних слоях — озоновый экран; углекислота, извлеченная организмами из воды и воздуха, законсервировалась в отложениях угля; полезные ископаемые надолго выключились из круговорота веществ. Вместе с этим происходило выветривание горных пород, в котором живые организмы также принимали активное участие.

В геологических масштабах времени в истории Земли происходили очень значительные преобразования. Облик планеты постоянно менялся. На смену жаркому климату приходил холодный. В результате подъемов и опускания суши большим изменениям подвергались очертания и размеры

континентов и океанов. Несмотря на такие грандиозные явления, жизнь на Земле продолжала развиваться. Возникали новые формы организмов, а неспособные продолжать «эстафету жизни» вымирали. И, наконец, появление человека разумного и его деятельность явилась качественно новым этапом в функционировании биосферы.

Таким образом, основные этапы эволюции биосферы как глобальной среды жизни целесообразно рассматривать с точки зрения закономерности и последовательности формирования основных сред жизни. С этих позиций четко выделяются ключевые этапы эволюции биосферы:

- 1) возникновение и развитие живых организмов в водной среде
- 2) разделение живых организмов на растений и животных, а также появление у гидробионтов (водных организмов) биотических отношений (паразитизма, мутуализма, конкуренции и др.), т.е. формирование новой среды жизни – самих живых организмов
- 3) освоение живыми организмами суши и формирование наземно-воздушной среды и почвы
- 4) появление человека и превращение его из вида биологического в биосоциальный. Возникновение человеческого общества.
- 5) возможный переход биосферы в новое состояние под воздействием человеческого общества.

### 7.3. Живое вещество биосферы

В основу учения В.И.Вернадского о биосфере положено представление о планетарной геохимической роли живого вещества. «Под именем живого вещества, - писал В.И.Вернадский – я буду подразумевать всю совокупность всех организмов, растительности и животных, в том числе и человека. В пределах биосферы везде встречается либо само живое вещество, либо следы его деятельности: газы атмосферы, природная вода, запасы нефти, угля, известняка, глины, сланцы и др.»

Таким образом, по Вернадскому, **живое вещество – это совокупность существующих (или существовавших в определенный отрезок времени) живых организмов, являющихся мощным геологическим фактором.**

Живое вещество как форма активированной материи обладает специфическими характеристиками:

- живое вещество по В.И.Вернадскому обладает «огромной свободной энергией». В процессе эволюции она увеличилась во много раз и продолжает расти, ибо живое вещество эффективно перерабатывает энергию солнечных излучений, атомную энергию радиоактивного распада и энергию рассеянных элементов, приходящих из космоса. Периодически в природе происходят всплески энергии, с ее резким увеличением и образуется колоссальное скопление живого вещества, например в период массового размножения. Известны, ставшие легендарными нашествия леммингов в

Скандинавии, кроликов в Австралии. В истории описаны гигантские кулиги саранчи, которые во время массового воспроизводства достигали 120 км длины и 20 км ширины.

■ живому веществу присуща высокая скорость протекания химических реакций в тысячи и миллионы раз быстрее по сравнению с неживым веществом. Например, некоторые гусеницы могут в сутки переработать пищи в 200 раз больше, чем весят сами.

■ слагающие живое вещество органические соединения, важнейшими из которых являются белки, ферменты, устойчивы только в живых организмах. В значительной мере это относится и к минеральным соединениям, входящим в состав живого вещества. Например, моллюски, живущие в кислых водах, в которых может легко раствориться вещество их известковой раковины, покрывают его снаружи хитином. После завершения жизненного цикла исходные органические вещества разлагаются на простые неорганические соединения.

■ живое вещество характеризуется значительно большим разнообразием органических форм и химических соединений, чем неживое. В качестве сравнения, можно сказать, что между вирусом и африканским слоном различие гораздо более значительное, чем между песчинкой и горой Эльбрус. Известно более 2 млн. органических соединений, входящих в состав живого вещества, в то время как неорганических насчитывается около 20 тыс.

■ живое вещество представлено в биосфере в виде дискретных тел – организмов, размеры которых варьируют в необыкновенно широких пределах: от 20 нм ( $1\text{ нм} = 10^{-9}\text{ м}$ ) у вирусов и более чем 150 м в высоту у австралийских эвкалиптов.

■ живое вещество существует в виде непрерывного чередования поколений, благодаря чему вновь образовавшееся современное живое вещество генетически связано с живым веществом прошлых геологических эпох. Доказательством служит неизменное число хромосом у особей одного вида на протяжении всего времени его существования.

■ для живого вещества характерен эволюционный процесс. Воспроизводство организмов происходит не по типу абсолютного копирования предыдущих поколений, а путем морфологических и биохимических изменений. Человек, имея значительное сходство со своими предками, отличается от них рядом морфологических, физиологических и психических особенностей.

В.И. Вернадский отмечал, что живые организмы нашей планеты – это постоянно действующая и могущественная по своим конечным последствиям геохимическая сила, которая «выполняет» в биосфере огромную работу. Она проявляется в двух формах: химической и механической.

Первая заключается в построении тела и переваривании пищи. Благодаря чему идет постоянный процесс обмена веществ живых организмов с окружающей средой и скорость этого обмена весьма велика. Например, в течение жизни человека через его организм в среднем проходит около 75 т воды, 17 т углеводов, 2,5 т белков и 1,3 т липидов.

Работа второго рода протекает также в наземных и водных экосистемах. Она заключается, во-первых, в пропускании неорганических компонентов пищи через желудочный тракт потребителей грунта и ила; во-вторых, в перемещении неживого вещества организмами в процессе их жизнедеятельности и, в-третьих, в перемещении самого живого вещества. Благодаря этой работе в геохимический круговорот вовлекается огромное количество неорганических веществ земной коры.

Таким образом, живое вещество биосферы является чрезвычайно активным. При его участии образуются органические осадочные породы – биогенные вещества, а также биокосные вещества – почти вся вода, почва, кора выветривания и т.д. Вместе с тем живое вещество контролирует все основные химические превращения в биосфере. Различают 5 основных функций живого вещества на нашей планете.

■ **Энергетическая функция** – основная планетарная функция живого вещества. В основе этой функции лежит фотосинтетическая деятельность зеленых растений, в процессе, которой происходит аккумуляция солнечной энергии и ее перераспределение между живыми организмами биосферы. Можно утверждать, что за счет накопленной солнечной энергии протекают все жизненные процессы на Земле.

■ **Газовая функция.** Она обуславливает образование, миграцию газов и их превращение, обеспечивая постоянство газового состава биосферы. Преобладающая масса газов на Земле имеет биогенное происхождение. В процессе функционирования живого вещества появляются основные газы: кислород, азот, углекислый газ, сероводород, метан и др.

■ **Концентрационная функция.** Проявляется в извлечении и накоплении живыми организмами в своих телах биогенных элементов из окружающей среды. В основном это атомы кислорода, углерода, водорода, азота, натрия, магния, алюминия, кремния, серы, хлора, кальция, концентрация которых в телах живых организмов в сотни и тысячи раз выше, чем во внешней среде. Этим и объясняется неоднородность химического состава биосферы и ее существенное отличие от состава неживого вещества планеты. Высокая концентрация некоторых элементов и веществ в организмах делает небезопасным употребление их в пищу, даже если эти элементы в окружающей среде находятся в количестве безопасном для здоровья. Например, азотные удобрения, внесенные на поля, накапливаются в форме нитратов и нитритов в растениях и вызывают тяжелые расстройства здоровья у животных и человека.

■ **Окислительно-восстановительная функция.** Выражается в химических превращениях веществ в процессе жизнедеятельности организмов. В результате этого образуются соли, оксиды, формировались железные, марганцевые руды, известняки и т.т. При этом на поверхности Земли преобладают биогенные процессы окисления и восстановления.

■ **Деструкционная функция.** Обуславливает процессы, связанные с разложением организмов после их смерти, вследствие которой происходит минерализация органического вещества, т.е. превращение живого вещества в косное и вовлечение его в биогеохимический круговорот. Решающая роль в этом процессе принадлежит редуцентам.

Следует особо подчеркнуть, что в 30-е гг. 20 столетия В.И.Вернадский из общей массы живого вещества выделяет человечество как особую его часть. Такое обособление человека от всего живого стало возможным по трем причинам:

**Во-первых**, человечество является не производителем, а потребителем биогеохимической энергии.

**Во-вторых**, масса человечества, исходя из данных демографических исследований, не является величиной постоянной, а непрерывно увеличивается.

**В-третьих**, его геохимические функции характеризуются не массой, а производственной деятельностью. Характер усвоения человечеством биогеохимической энергии определяется разумом человека. С одной стороны, человек – «продукт» спонтанной деятельности природы, а с другой – зачинатель нового, «разумно направленного» этапа самой эволюции.

#### 7.4. Распределение жизни в биосфере

Жизнь любого организма во всех формах ее проявления возможна только при постоянном взаимодействии с окружающей средой, которую составляет неорганическая и органическая природа. Как уже отмечалось, неорганическая среда биосферы подразделяется на атмосферу, гидросферу и литосферу и распределяются живые организмы по этим средам жизни довольно неоднородно. Некоторые организмы приспособились к какой-то одной среде: рыбы, ракообразные, моллюски, водоросли – к водной; земляные черви, личинки насекомых, грибы, бактерии – к почвенной. Но чаще всего жизнедеятельность многих органических форм проходит на границах сред или они в течение жизненного цикла переходят из одной среды в другую. Наземные растения живут и в почве (корни), и в воздушной среде (стебли и листья). Многие насекомые, как например, капустная совка

во взрослом состоянии (бабочка) пребывает в наземно-воздушной среде, а куколка переживает низкие зимние температуры в почве. У лягушек в начале жизненного цикла, головастик живет исключительно в водной среде, а взрослые особи переходят к обитанию на суше.

Таким образом, максимальная концентрация живого вещества наблюдается там, где все три неорганические среды биосферы – почва, воздух и вода близко соседствуют друг с другом – в почве, т.е. пограничном слое между литосферой и атмосферой, в поверхностных слоях океана, на дне водоемов и, особенно на литорали, в лиманах и эстуариях рек.

Места наибольшей концентрации организмов в биосфере В.И.Вернадский назвал *«пленкой жизни»*. В настоящее время на земле существует по одним оценкам около 1,5 млн., по другим около 2 млн. видов животных и около 500 тысяч видов сосудистых растений. По Н.И.Базилевичу, Л.Е. Родину, Н.Н. Розову (1971) основную часть биомассы суши составляют зеленые растения (99,2%), а в океане – животные (93,7%).

Как же распределяется жизнь в атмосфере, гидросфере и литосфере?

**Атмосфера** — наружная газообразная оболочка Земли, простирающаяся до высоты 100 км. Основные ее компоненты – азот (78%), кислород (21%), аргон (0,93%), углекислый газ (диоксид углерода) (0,03%). Атмосфера является отчасти продуктом жизнедеятельности организмов, так как кислород в атмосфере появляется в результате деятельности фотосинтезирующих организмов – цианобактерий и растений. На высоте 15-50 км расположен озоновый слой, который защищает поверхность планеты от избытка ультрафиолетовых лучей, неблагоприятно влияющих на живые организмы. На высоте 25-27 км большую часть ультрафиолетового излучения Солнца озоновый слой поглощает и поэтому все живое, попадающее выше защитного слоя, погибает.

И хотя, специфических организмов, которые всю свою жизнь были бы связаны только с воздухом нет, они все, особенно наземные и почвенные, тесно с ним связаны. В воздушной среде значительную часть своей жизни проводят птицы и насекомые. В воздухе в определенные периоды находятся семена растений, бактерии, споры грибов, простейшие и их цисты. Обычно они не поднимаются выше 50-100 м над поверхностью земли, но споры некоторых бактерий и плесневых грибов были обнаружены на высоте до 22 км. Условно это и будет верхняя часть биосферы.

Если же взять зеленые растения и их распространение по вертикали, то они не поднимаются в горы выше, чем на 6 200 м (выше не идет процесс фотосинтеза). Тем не менее, выше зоны растений в горах встречаются пауки, клещи, которые питаются органическими частицами, пылью растений заносимой туда ветрами, а также споры некоторых организмов и бактерии.

**Гидросфера** — покрывает Землю на 2/3, остальное занято сушей. На суше гидросфера представлена фрагментарно — озерами, реками,

грунтовыми водами (табл. 7.4.1). Абсолютное большинство водных масс в гидросфере (94%) состоит из морской воды, а вклад рек в водный бюджет планеты в 10 раз меньше, чем количество водных паров в атмосфере. Три четверти пресной воды недоступны организмам, так как законсервированы в ледниках гор и полярных шапках Арктики и Антарктиды.

Особенностью водной среды является то, что гидробионты заселяют всю ее толщу — от поверхности пленки до глубин в океанических впадинах до 11 000 км.

Таблица 7.4.1. Распределение водных масс в гидросфере Земли

Часть гидросферы	Объем воды, тыс. км <sup>3</sup>	Содержание общем объеме вод, %
Мировой океан	1 370 000	94
Подземные воды	60 000	4
Ледники	24 000	1,7
Озера	280	0,02
Вода в почве	80	0,01
Пары атмосферы	14	0,001
Реки	1,2	0,0001
Вся гидросфера	1 454 000	100

**Литосфера** — это верхняя твердая оболочка Земли, которая колеблется в различных регионах от 50 до 200 км. Верхний слой литосферы называется **земной корой**. Совершенно особую среду представляет собой почва, находящаяся на границе литосферы и атмосферы. Она является гигантской экологической системой, оказывающей наряду с Мировым океаном, решающее влияние на всю биосферу, активно участвуя в круговороте вещества и энергии, а также поддерживая газовый состав атмосферы Земли.

Вглубь Земли живые организмы проникают на небольшое расстояние. В литосфере жизнь ограничивается, прежде всего, температурой горных пород и подземных вод. Условно нижнюю границу биосферы можно провести по изотерме 100°C (критическая температура для развития большинства бактерий). На территории европейской части она проходит на глубине 10-15 км, в молодых альпийских прогибах — 1,5-2,0 км.

Таким образом, считается, что биосфера как область жизни охватывает верхнюю часть литосферы (до 15 км в глубину), всю гидросферу (до 11 км в глубину) и нижнюю часть атмосферы (до 25 км в высоту). Обозначенные границы жизни, в известной степени являются условными и завышенными.

По сути дела все живое распространено в очень тонком слое именуемой **«пленкой жизни или слоем сжатия жизни»**. На суше жизнедеятельность абсолютного большинства живых организмов ограничена глубиной

проникновения корней растений в почве. В среднем эта величина составляет 3-4 м. На море, несмотря на то, что жизнь и обнаружена на всей глубине, большинство обитателей концентрируется до 150 м, что связано с глубиной проникновения солнечных лучей. И хотя некоторые птицы и насекомые могут подняться на несколько километров, рано или поздно они неизбежно опускаются на поверхность земли. Можно сказать, что в атмосфере (в наземно-воздушной среде) «пленка жизни» будет ограничена высотой деревьев.

### 7.5. Стабильность биосферы и основные круговороты вещества

Чтобы биосфера продолжала существовать на Земле постоянно должен происходить круговорот вещества и энергии, т.е. после использования вещества одними организмами они должны переходить в усвояемую для других организмов форму. Этот переход биологически важных веществ из звена в звено может осуществляться только при определенных затратах энергии, источником которой является Солнце. Таким образом, в биосфере происходит круговорот всех веществ, т.е. их многократное участие в процессах синтеза и разрушения органического вещества. В круговоротах в той или иной степени участвуют практически все химические элементы, однако наиболее важными для биосферы являются круговороты воды, кислорода, углерода, азота, фосфора.

По В.Р.Вильямсу, солнечная энергия обеспечивает на Земле два круговорота веществ – *геологический*, или большой и *биологический (биотический)*, малый круговороты.

Геологический круговорот наиболее четко проявляется в круговороте воды (рис.7.5.1) и циркуляции атмосферы.

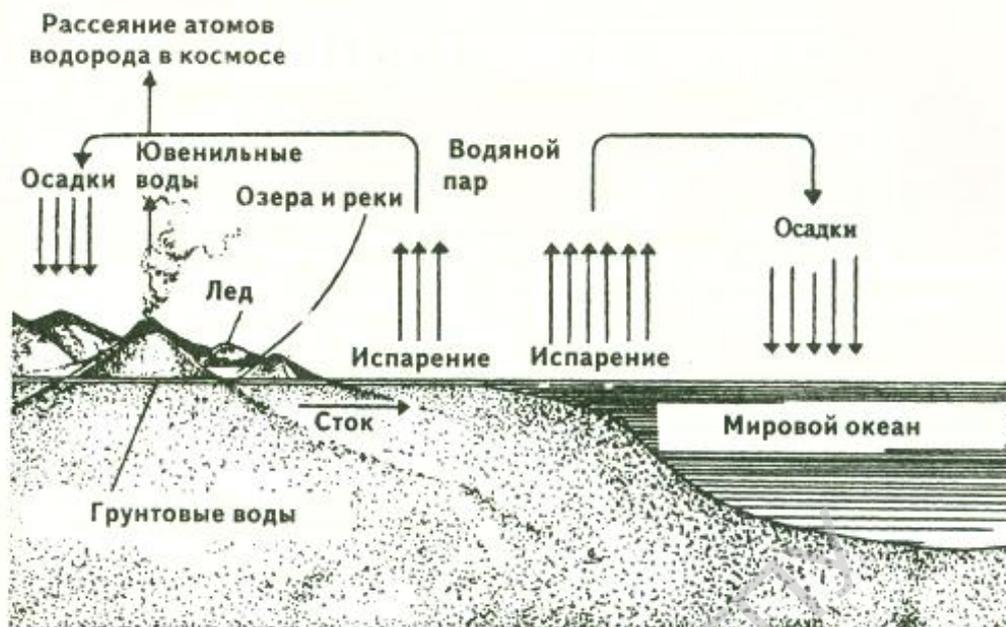


Рис. 7.5.1. Круговорот воды в биосфере

Под воздействием солнечной энергии вода в биосфере непрерывно переходит из одного состояния в другое. Испарение ее с поверхности океана, подъем водяных паров в атмосферу и выпадение на поверхность океана в форме осадков образуют **малый круговорот воды**. Когда водяные пары переносятся на сушу, круговорот усложняется. В виде осадков вода выпадает на поверхность суши, часть ее снова испаряется и поступает в атмосферу. Другая часть питает реки и озера, внутренними и поверхностными стоками вновь выносится в океан. Этим завершается **большой круговорот воды**. Важнейшее свойство круговорота воды заключается в том, что он, взаимодействуя с литосферой, атмосферой и живым веществом, связывает воедино все части гидросферы: океан, реки, почвенную влагу, подземные воды и атмосферную влагу. В осуществлении круговорота воды велика роль транспирации (испарения) растений и особенно деревьев. На созидание 1 кг органического вещества в разных районах они расходуют от 200 до 700 л воды. Различные фракции воды гидросферы участвуют в круговороте по-разному и с разной скоростью. Так, полное обновление воды в составе ледников происходит за 8 тыс. лет, подземных вод — за 5 тыс. лет, океана - за 3 тыс. лет, почвы - за 1 год. Пары атмосферы и речные воды полностью обновляются за 10-12 суток. В целом же на земном шаре суммарное испарение воды компенсируется выпадением осадков.

До развития цивилизации круговорот воды был равновесным, однако в последние десятилетия вмешательство человека нарушает этот цикл. В частности, уменьшается испарение воды лесами ввиду сокращения их

площади и, напротив, увеличивается испарение с поверхности почвы при орошении сельскохозяйственных культур. Испарение воды с поверхности океана уменьшается вследствие появления на ее значительной части пленки нефти. Влияет на круговорот воды потепление климата, вызываемое парниковым эффектом. При усилении этих тенденций могут произойти существенные изменения круговорота, опасные для биосферы.

С появлением на Земле живых организмов (живого вещества) на основе геологических круговоротов возникли *малые биологические (биотические) круговороты* – миграция элементов при помощи живых организмов. По мере их развития из геологического круговорота постоянно извлекается все больше элементов, которые вступают в новые биологические круговороты.

В отличие от простого переноса – перемещения минеральных элементов в большом геологическом круговороте – в малом круговороте самыми важными моментами являются синтез и разрушение органических соединений. Эти два процесса находятся в определенном соотношении, что лежит в основе жизни и составляет одну из главных ее особенностей. И еще одно существенное отличие. В противоположность геологическому, на поддержание биологического круговорота расходуется гораздо меньше энергии. Общеизвестно, что на создание органического вещества затрачивается всего 0,1-0,2% падающей на Землю солнечной энергии, а на геологический круговорот – до 50%.

Химические элементы непрерывно циркулируют в биосфере, переходя из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. Такая циркуляция веществ по более или менее замкнутым путям называется *биогеохимическим циклом*. Основными биогеохимическими циклами являются круговороты углерода, кислорода, азота, водорода, фосфора, серы и других элементов.

Круговорот углерода является одним из самых важнейших биосферных круговоротов, поскольку углерод составляет основу органических веществ (рис.7.5.2). В круговороте особенно велика роль углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). На суше цикл углерода начинается с фиксации углекислого газа растениями в процессе фотосинтеза. Далее из углекислого газа и воды образуются углеводы и высвобождается кислород. При этом углерод частично выделяется во время дыхания растений в составе углекислого газа. Фиксированный в растении углерод частично потребляется животными, которые, в свою очередь, при дыхании также выделяют углекислый газ. После завершения жизненного цикла, отмершие животные и растения разлагаются микроорганизмами, в результате чего углерод мертвого органического вещества окисляется до углекислого газа и снова попадает в атмосферу. Подобный углеродный цикл совершается и в океане. Примерно 1/3 «живого» углерода (около 200 Гт) циркулирует, т. е. ежегодно усваивается организмами в процессе фотосинтеза и возвращается обратно в атмосферу, причем вклад океана и суши в этот процесс примерно сходный.

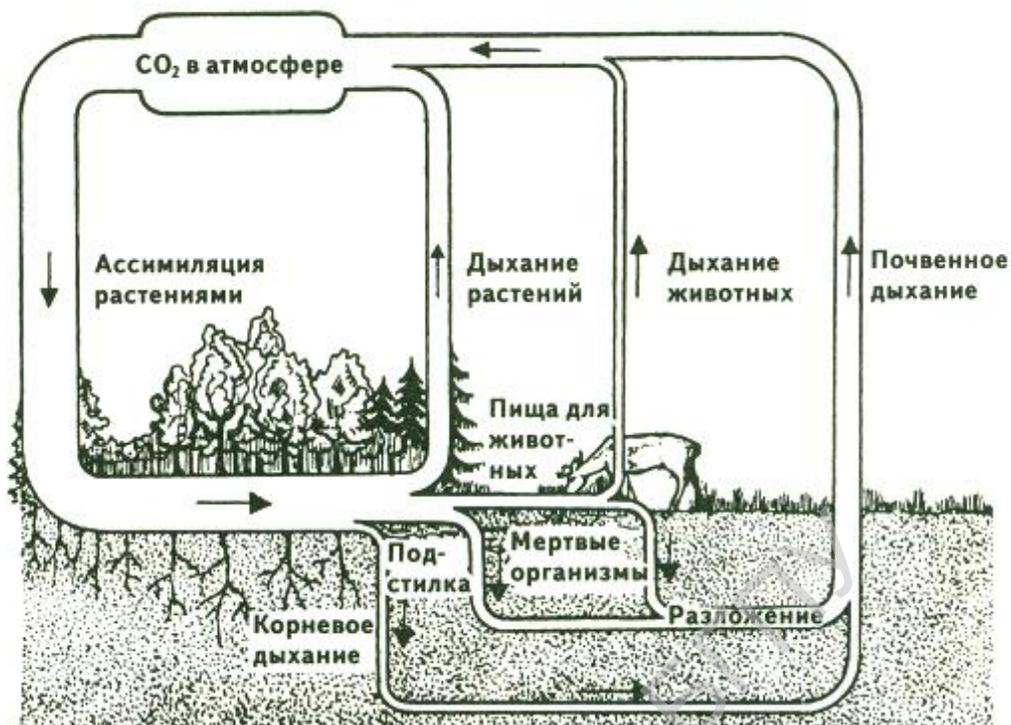


Рис. 7.5.2. Круговорот углерода

В настоящее время отмечается нарушение круговорота углерода в связи со сжиганием значительного количества ископаемых углеродистых энергоносителей, а также дегумификацией пахотных почв и осушением болот. В целом содержание диоксида углерода в атмосфере ежегодно увеличивается на 0,6%.

## 7.6. Биологическое разнообразие – основа устойчивости биосферы

Под влиянием все возрастающих антропогенных нагрузок на среду и в результате быстрого развития негативных процессов общественное экологическое сознание за короткий срок «шагнуло» от «уверенности в своих силах» к осознанию «зависимости нашего будущего от судьбы многих видов животных и растений, населяющих Землю». К настоящему времени люди создали систему, основанную не на равновесии, а на чрезмерной эксплуатации воды, почвы, биоресурсов, энергии.

По всей вероятности, человечество стоит на пороге очередного важного «эволюционного события», которое определит дальнейшее развитие жизни на Земле. *Очевидно, что господствующей общественной концепцией XXI века должна стать идея сохранения, биологического разнообразия (биоразнообразия).*

Известный биолог и автор многих книг Е. Уилсон определил биоразнообразие **как саму суть жизни**, без которого нет жизни на Земле. Биоразнообразие означает разнообразие всего живого от генов до экосистем. Оно включает миллионы видов животных, растений и микроорганизмов, населяющих все уголки планеты: океаны, реки, озера, сушу, почву.

Само словосочетание «биологическое разнообразие» впервые применил Г. Бэйтс (1892) в известной работе «Натуралист на Амазонке», когда описывал свои впечатления от встречи около 700 разных видов бабочек за время часовой экскурсии.

В чем же заключается роль биоразнообразия в жизни на нашей планете, и, конечно же, в нормальной жизнедеятельности людей?

**Во-первых – биоразнообразие это основа жизни на Земле.** Основное условие поддержания жизни на Земле – способность биосферы создавать и поддерживать равновесие между входящими в ее состав экосистемами. Иными словами, на Земле должно быть необходимое количество тундры, лесов, степей, болот, пустынь, водоемов и внутри каждого из этих биомов должен сохраняться свой оптимальный биотический баланс и так до самых мелких экосистем.

*Отсюда, необходимым условием нормального функционирования экосистем, и биосферы в целом является достаточный уровень природного разнообразия на нашей планете.*

Массовое нарушение и даже уничтожение природных ландшафтов снижает видовое разнообразие, которое является **необходимым условием стабильности биосферы**. Миллионы видов животных и растений поддерживают условия, необходимые для продолжения жизни на Земле. Возможно, эти условия могло бы обеспечить и меньшее число видов, но каково оно, это достаточное число видов? Этого никто не знает. Как не знает и той черты, за которой при сокращении биоразнообразия начинается необратимое разрушение экосистем, и жизнь будет поставлена на грань существования.

Если представить, что человек остался в одиночестве на планете Земля, то нетрудно предсказать дальнейший ход событий: нет продуктов питания, растет жесткое ультрафиолетовое излучение (нет озонового экрана), из-за отсутствия кислорода, становится невозможным дыхание и климат оказывается несовместим с жизнью.

**Во-вторых - биоразнообразие имеет практическую ценность.** Это неиссякаемый источник биологических ресурсов от продуктов питания до разнообразных материалов. Они – основа большинства видов деятельности человека и от них зависит состояние мировой экономики. Потенциально любой вид живых организмов имеет коммерческую ценность или может быть использован в медицине для получения лекарств, в производстве и в быту.

**В третьих – эстетическая ценность биоразнообразия.** При этом в воображении возникают картины дождевого тропического леса, кораллового

рифа, покрытой разнотравьем поляны, где богатство видов животных и растений создает положительные эмоции. Часто даже отдельный фрагмент природы, как, например, винный бражник, ночью в полете питающийся нектаром цветущего кипрея, оставляет неизгладимое впечатление. Красота, присущая биоразнообразию, служит источником вдохновения. Подлинные произведения искусств редко обходятся без изображений животных и растений, будь то скарабеи и змеи на колье царицы Клеопатры или лев из цветных изразцовых плиток на «Священной дороге» в Вавилоне.

Без эстетического удовольствия потеряли бы смысл многие наши увлечения, будь то спортивное рыболовство, охота, пешеходные прогулки или наблюдение за птицами. Красивые ландшафты, богатые видами разнообразными экосистемы - важнейшее условие для развития отдыха и туризма. И все же эстетическая ценность биоразнообразия - нечто большее, чем простое любование красивым пейзажем. Что было бы с человеком, его настроением, его мироощущением, если вместо красивого озера или участка соснового леса он видел бы вокруг себя только кучи мусора или исковерканный грубым вмешательством ландшафт?

В последние годы биоразнообразие стало ведущей концепцией. С момента подписания многими государствами Конвенции о биологическом разнообразии на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (Бразилия), которая состоялась 3-4 июня 1992 года это понятие получило широкое международное звучание.

В дополнение к Конвенции о биологическом разнообразии страны, которые участвовали в работе конференции, приняли 3 важных решения:

1. Декларацию по окружающей среде и развитию (Декларация РИО)
2. ПРОГРАММУ ДЕЙСТВИЙ в XXI веке, известную как *Повестка дня на 21 век*. Важной частью данного документа стала рекомендация направлять деятельность в рамках Конвенции в первую очередь на выявление состояния биоразнообразия и потенциальных угроз ему в каждой из стран, признающих ценности, провозглашенные на конференции в Рио-де-Жанейро, и принятую программу действий.

3. Принципы рационального использования, сохранения и освоения всех видов лесов (лесные принципы).

Биологическая наука изучает четыре главнейших феномена: жизнь, организм, биосфера и биоразнообразие. Организация живой материи включает три блока, которые соответствуют трем основным уровням: 1) ниже организменного, 2) организменный и 3) выше организменного (надорганизменный). Первый объединяет молекулярную, клеточную, тканевую и органную системы организации, второй соответствует организменной системе организации, а третий включает популяционно-видовую систему, экологическую систему и биосферу. Биоразнообразие пронизывает каждый из трех основных уровней: без разнообразия

органических молекул нет жизни, без морфологического и функционального разнообразия клеток, тканей, органов, а у одноклеточных *органелл* - нет организма, без разнообразия организмов не может быть экосистем и биосферы. **Очевидно, что никакие биологические процессы невозможны вне биосферы и экосистем.** Отсюда берут начало три ветви биоразнообразия: генетическое, видовое и экологическое. Каждая ветвь подразделяется на уровни, обладающие своими особенностями и составляющие предмет изучения таких биологических наук, как генетика, систематика и экология (рис. 7.6.1).

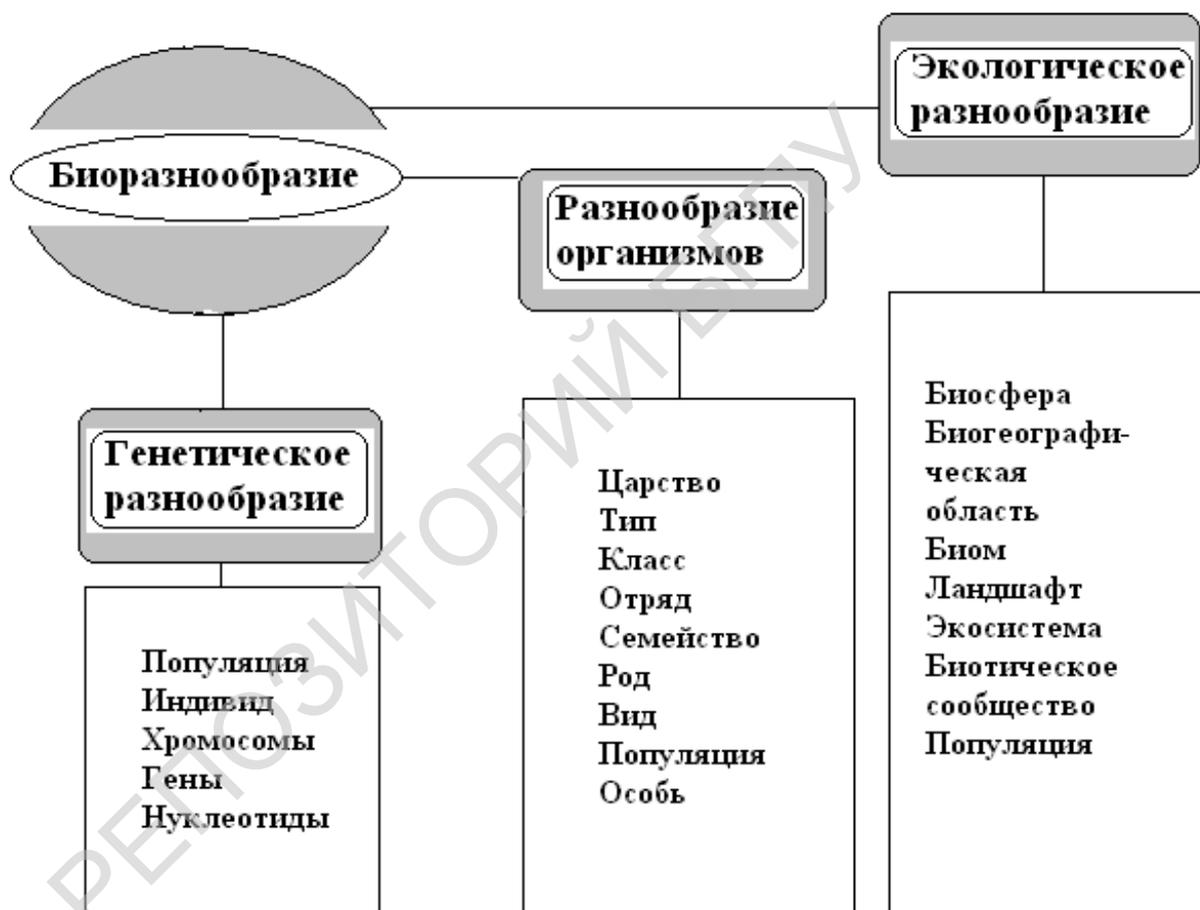


Рис. 7.6.1. Структура и уровни биоразнообразия

**Видовое разнообразие растений и животных Беларуси.** В настоящее время на территории Беларуси естественно произрастает около 12 тыс. видов организмов, относящихся к растениям и грибам. Наиболее изученными группами растительных организмов являются сосудистые растения (1680 видов), мохообразные (435), лишайники (477), грибы (более 7000) и водоросли (2232 видов).

Лесообразующие породы деревьев: сосна- 54,5%, береза 18,5%, ель – 10,9%, ольха черная и серая – 9,9%, дуб, ясень, граб, клен и др. – 3,9%, осина – 2.3% .

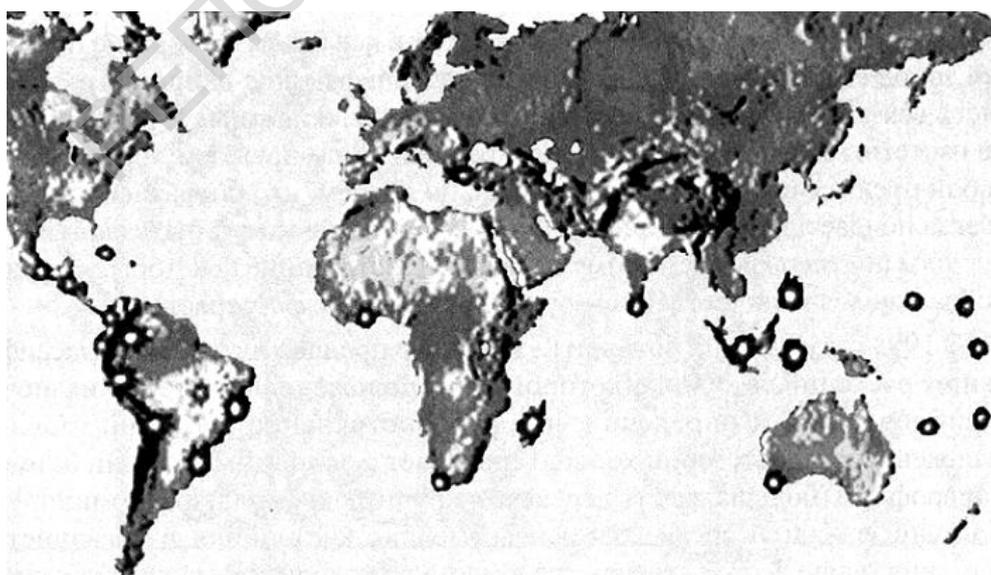
Современный облик фауны Беларуси начал складываться около 250 тыс. лет назад после завершения периода третьего по счету самого мощного оледенения (Днепровского).

В состав животного мира Беларуси входит сейчас 462 вида позвоночных животных и более 30 тыс. видов беспозвоночных различных групп: (жуки - 3238, бабочки - 1600, перепончатокрылые - 800, клопы - 100, стрекозы - 90, мухи - 200, пауки - 400, клещи - 600, нематоды - 200, дождевые черви - 13 и т.д.).

Если проследить динамику биологического разнообразия в различных биомах, то окажется, что максимальная насыщенность жизнью характерна для: эстуария (место впадения рек в море), кораллового рифа, разнотравного луга, дождевого тропического леса, где на одном гектаре произрастает 100-200 различных видов деревьев. На поверхности земного шара существуют территории, где его уровень наиболее высок. Английский эколог Норман Майерс в 1988 г. выделил территории, которые, по его мнению, нуждаются в особом внимании. Эти территории получили название «горячих точек» биоразнообразия. Для их выделения было предложено 3 критерия:

- 1) высокий уровень видового разнообразия сосудистых растений;
- 2) высокий процент эндемичных видов растений;
- 3) наличие угрозы разрушения местообитаний этих видов в результате деятельности человека.

Суммарная площадь выделенных территорий – 2% общей площади суши, на которой встречается около 40% видов растений и 25% видов животных. Большинство «горячих точек» расположено в Латинской Америке, в бассейне Карибского моря, на северо-востоке Средиземноморья, в Африке, южной и юго-восточной Азии и в Австралии (рис 7.6.2).



## Рис. 7.6.2. «Горячие точки» биоразнообразия

Какие перспективные направления в сохранении биоразнообразия?

**1 - разработка образовательных программ и подготовка квалифицированных специалистов в области сохранения биоразнообразия.**

Отличительная черта всех образовательных программ в области сохранения биоразнообразия состоит в сочетании глубокой теоретической подготовки с практической направленностью (летняя полевая практика для студентов).

**2 – сохранение редких видов.** Создание и совершенствование региональных и национальных Красных Книг и главное - практическое осуществление тех мероприятий, которые рекомендованы по отношению к видам, занесенным в Красные Книги.

**3 – наиболее эффективной формой сохранения биоразнообразия и экологической стабильности является организация сети различного рода «особо охраняемых природных территорий».** Для чего нужны особо охраняемые природные территории (ООПТ)? Как ни странно, в научном мире на этот вопрос стали искать ответ сравнительно недавно. Только в середине 20-х годов было указано, что основная функция заповедников состоит не в том, чтобы служить эталоном природы для экологических исследований, а в том, чтобы гарантировать здоровое состояние среды и тем самым поддерживать экологическую устойчивость.

**4 - охрана биотопов.** Особое значение имеет сохранение ключевых биотопов, которые служат местом обитания многих характерных для данной местности видов животных и растений. Это, прежде всего: водно-болотные комплексы, заливные разнотравные луга, заболоченные черноольшаники, лесные комплексы.

**5 - биотехнические мероприятия.** Работы по акклиматизации, интродукции и т.д. В Англии и Германии миллионы километров живых изгородей, насаженных еще 200-300 лет назад, не только представляют собой миниатюрные островки дикой природы, но и предотвращают эрозию почв, удерживают влагу и служат источником древесины. В США почвы, подверженные эрозии, возвращают к жизни, террасируя их и обсаживая великолепным многоцветковым шиповником. В Саудовской Аравии лимонные и апельсиновые деревья выращивают на искусственных почвах, которые представляют собой находящиеся под слоем песка «подушки» из пористой резины.

**6 - устойчивое использование природных ресурсов.** Устойчивое использование территории означает ведение хозяйства без ущерба для биоразнообразия. Оно особенно актуально по отношению к лесному и сельскому хозяйству. Устойчивое «управление» лесами направлено на поддержание лесных массивов в таком состоянии, при котором изъятие древесины не приводит к

нарушению устойчивости лесных экосистем и сокращению биологического разнообразия. При этом особое внимание должно уделяться сохранению ключевых биотопов – крупных сплошных массивов леса, осуществляющих климаторегулирующую функцию.

В 1997 г. была разработана национальная стратегия и план действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Беларусь (Национальная стратегия и план действий...1997).

## 7.7. Концепция ноосферы

Представление о ноосфере (от греческого – «ноос» - разум и шар), т.е. «сфере разума» связано главным образом с научной деятельностью **В.И. Вернадского**. Находясь под впечатлением его лекций, прочитанных в парижской Сорбонне, французский математик **Э. Леруа** ввел понятие о ноосфере в 1927 г., а своим единомышленником и соавтором назвал ученого геолога и палеонтолога **Пьера Тейяра де Шардена**, который сочетал христианское мировоззрение с научными обобщениями. Духовное объединение человечества – вот движущая сила ноосферы. По Шардену ноосфера не завершение, а лишь ступень в развитии планеты. Любовь к Богу и порождение ею любовь к всему сущему приведет к новому этапу эволюции ноосферы, когда совершится ее вхождение в мир Божественного совершенства. Эту фазу мировой эволюции Шарден называл «точкой Омега».

Основоположники учения о ноосфере Э. Леруа, П.Тейяр де Шарден, В. Вернадский, отчасти П. Флоренский – вкладывали в понятие «разум человека» божественное начало (снисхождение к людям божественного разума), что следовало из их общего мировоззрения. В частности В. Вернадский развивая учение о биосфере, придавал понятию ноосферы **форму закона**, трактуя ее, как высшую стадию развития биосферы, связанной с возникновением и становлением в ней цивилизованного общества, с периодом, когда разумная деятельность человека становится главным определяющим фактором развития. В.И.Вернадский (1944) писал: **«Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупной геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше»**. Иными словами, хаотичное саморазвитие, основанное на процессах естественной саморегуляции будет заменено разумной стратегией, базирующейся на прогнозно-плановых началах, регулирования процессов естественного развития - биосфера перерастет в ноосферу.

Или другими словами, **ноосфера - это гармоническое соединение природы и общества, это торжество разума и гуманизма это мир без оружия, войн и экологических проблем, это мечта человечества.**

Мечта и вера, конечно светлая, на весьма далекая от реальности и недостаточная ни как научный прогноз, ни как определение закона

ноосферы, хотя сам, **закон безусловно справедлив в том смысле, что если человечество не начнет разумно регулировать свою численность и давление на природу, сообразуясь с ее законами, биосфера в измененном виде может сохраниться, но цивилизация а не исключено, что и вид - человек разумный погибнут.**

Вернадский исходил из сциентистского взгляда на отношения человека и природы, т. е. считал, что наука может решить практически любые проблемы вплоть до управления основными циклами веществ и перехода человека на «автотрофное питание» с непосредственным использованием солнечной энергии для производства продуктов питания (минуя посредническую роль растений).

Взгляды Вернадского на ноосферу - пример экологического утопизма. Система связей в биосфере («биосферный рынок») столь сложна, что человек не может управлять ей. Серьезные вмешательства в биосферные круговороты ведут к резкому обострению экологической ситуации, что уже наблюдается сегодня (разрушение озонового экрана, потепление климата, глобальное загрязнение среды, появление новых «экологических болезней» и т. д.).

Переход биосферы в ноосферу считался несомненным благом несущим человечеству разрешение всех проблем. Основоположники учения о ноосфере верили, что человеческий интеллект, превращаясь в планетарную геологическую силу, приведет к упорядочению природной и социальной деятельности, к более совершенным формам бытия. Однако в конце XX в. люди заговорили о выживании. Появилась угроза существованию природы как самостоятельной целостности. Между тем отношение к ноосфере продолжает быть преимущественно восторженным, будто ее развитие никак не связано с кризисом современной цивилизации. Тревожные экологические тенденции современности заставляют критически относиться к этим стереотипам.

Ряд ученых в том числе и известный американский эколог Ю.Одум (1986) полагают, что правильнее говорить в настоящее время лишь о существовании начальных стадий развития ноосферы (протоноосферы), имеющей принципиальные отличия от ее будущего состояния. Хотим мы того или нет, но вскоре человек станет перед выбором: *либо он будет по-прежнему развивать промышленность и жить на своеобразной «индустриализованной» планете, все меньше и меньше напоминающей ту «живую» планету, которая образовалась в результате миллиардов лет биологической эволюции, либо он должен действовать в соответствии с принципами экологии и распространить на себя те же критерии, которым подчиняются растения и животные.* Являясь частью природы, человек не может в течение длительного времени безнаказанно пренебрегать биологическими законами. Рано или поздно человечество должно обрести то,

что американский специалист по охране природы Олдо Леопольд назвал «экологической совестью».

**Вывод: только предельная гуманизация общества (процесс тоже противоречивый и неоднозначный), относительно бесконфликтное его включение в систему биосферы, основанное на использовании только прироста ресурсов может спасти человечество.**

Управлять люди будут не природой, а прежде всего собой, своим обществом. В этом смысл закона ноосферы.

Человек может сохраниться только вместе с биосферой, «встроив» свою хозяйственную деятельность в биосферные круговороты. Известный математик и эколог Н.Н. Моисеев писал о возможности «коадаптации человека и биосферы» и формирования на этой основе некоего «квазистойчивого состояния» последней, при котором изменения круговоротов веществ не будут превышать пороговых значений, начиная с которых могут произойти необратимые изменения.

### Вопросы для повторения

1. Дайте определение биосферы и определите важнейшие аспекты учения В.И.Вернадского о биосфере.
2. Охарактеризуйте основные этапы эволюции биосферы.
3. Дайте определение живому веществу биосферы и перечислите основные его характеристики
4. Охарактеризуйте структуру и определите границы биосферы.
5. Назовите и дайте характеристику основным круговоротам вещества и энергии в биосфере.
6. Сформулируйте понятие о биоразнообразии и назовите основные направления в разработке механизмов его сохранения.
7. Дайте оценку представлений о ноосфере.

## ГЛАВА 8. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

### 8.1. Понятие природных ресурсов

Определить природные ресурсы можно как любые источники и предпосылки получения необходимых людям материальных благ, т.е. это нечто, извлекаемое из природной среды для удовлетворения потребностей и желаний человека.

**Природные (естественные) ресурсы - это объекты и явления природы, используемые для прямого и непрямого потребления в**

**качестве средств труда (земля, водные пути, вода для орошения), источников энергии (гидроэнергия, солнечная энергия, горючие ископаемые, атомное топливо), или предметов потребления (растения, животные, питьевая вода).**

Природные ресурсы включают две большие группы ресурсов - **исчерпаемые** и **неисчерпаемые**. Первые делятся на **возобновимые** и **невозобновимые**. Возобновимые природные ресурсы – это биологические ресурсы - растительность и животный мир. Это лесные ресурсы, ресурсы сельскохозяйственных растений, диких и домашних животных. Сюда же можно отнести и некоторые минеральные ресурсы, например выпадающие в осадок соли в соленых водоемах, воздух, вода, почва. При определенных условиях возобновимые ресурсы могут в сравнительно короткий геологический период восстановиться качественно и количественно.

К невозобновимым природным ресурсам относится большинство полезных ископаемых - нефть, уголь, газ и т.д. Исчерпаемость ресурсов связана с их широкомасштабным применением. Изъятие этих ресурсов из природной среды происходит очень интенсивно, запасы их неуклонно уменьшаются.

С потреблением этих источников промышленного сырья связаны такие экологические проблемы современности, как парниковый эффект и кислотные осадки. При сжигании этих веществ в атмосферу Земли выбрасывается огромное количество вредных продуктов: CO, CO<sub>2</sub>, окислы серы, азота. Вместе с ними окружающая среда загрязняется негоревшими твердыми частицами.

Можно также выделить относительно возобновимые ресурсы. Это прежде всего почвы, частично вышедшие из сельскохозяйственного оборота в результате водной и ветровой эрозии либо радиоактивного загрязнения, лесные древостой высокого возраста, торф, используемый в качестве топлива. По истечении определенного промежутка времени (от сотен до нескольких тысяч лет) эти ресурсы можно будет снова использовать.

Группу неисчерпаемых ресурсов составляют ресурсы солнечной энергии, ветра, морских приливов, энергия земных недр и текущая вода.

Энергия всегда играла и продолжает играть важную роль в жизнедеятельности человеческого общества. Все виды деятельности человека связаны с затратами энергии. Переход человечества к освоению новых видов топлива для получения необходимой для промышленного производства энергии связан с так называемыми «промышленными революциями». Эти промышленные революции, которые человек целиком относит на свой счет, не смогли бы произойти без запасов энергии, законсервированной растениями в ископаемом топливе. Погибая, растения аккумулировали энергию в отложениях каменного угля, торфе и даже нефти.

Особенностью энергетического производства является непосредственное воздействие на природную среду в процессе извлечения топлива и его сжигания, причем происходящие изменения природных компонентов являются весьма наглядными.

Одной из характерных черт современного этапа научно-технического прогресса является возрастающий спрос на все виды энергии.

**Топливо-энергетические ресурсы** объединяют минеральные богатства, используемые как топливо (уголь, нефть, газ, горючие сланцы, торф, древесина, атомная энергия), так и в качестве источников энергии сгорания в двигателях, получения пара и электричества. В наиболее общем виде - это материальные объекты, в которых сосредоточена энергия, пригодная для практического использования.

Часть топливо-энергетических ресурсов, используемых только как топливо носят название **топливных ресурсов**. Совокупность энергии Солнца и космоса, атомно-энергетические, топливо-энергетические, термальные и другие источники энергии составляют **энергетические ресурсы**.

Особым видом невозобновимого источника энергии являются ресурсы ядерного горючего. Уран, как ядерное топливо, используется в современных атомных станциях (АЭС). Одним из преимуществ этого является то, что для работы АЭС необходимо сравнительно небольшое количество урана. К тому же, уровень выбросов загрязнителей при использовании атомной энергии намного меньше, чем при сгорании ископаемого топлива (угля).

В угле содержатся естественные радиоактивные элементы – радий, торий, уран, полоний и др., которые вместе с золой выбрасываются в атмосферу. К примеру, пылеугольная ТЭС мощность 1200 МВт, потребляя 3,4 млн т угля в год, выбрасывает в атмосферу ежегодно 130 тыс.т золы. Их активность составляет 100 мбэр/год. Для АЭС аналогичной мощности величина радиоактивных выбросов составляет 0,5-1 мбэр/год.

В идеале, АЭС являются экологически чистыми источниками энергии. Однако, практически оказалось, что экологическая безопасность АЭС относительна. Достаточно вспомнить глобальную катастрофу на Чернобыльской АЭС. К тому же одной из значительных проблем при производстве энергии на АЭС является проблема захоронения радиоактивных отходов. Сюда же можно отнести проблему постепенного изнашивания оборудования радиоактивной зоны – зоны действия атомного реактора.

Применение нефти и природного газа в сочетании с развитием электроэнергетики, а затем и освоение энергии атома позволили промышленно развитым странам осуществить грандиозные преобразования, итогом которых стало формирование современного облика Земли.

## 8.2. Водные ресурсы Беларуси

Речная сеть Беларуси хорошо развита. Средняя густота ее составляет 25 км на 100 км<sup>2</sup>. На территории Беларуси 20,8 тыс. рек и речушек. Их общая длина - 90,6 тыс. км. Однако свыше 90% их количества - это водотоки, длина которых не превышает 10 км (так называемые малые реки). Реки принадлежат к бассейнам двух морей – Черного и Балтийского. Абсолютное большинство водотоков относится к малым равнинным рекам. К числу крупных относятся такие речные артерии, как Западная Двина, Неман, Западный Буг, Вилия, Днепр, Сож, Припять. Максимальная густота речной сети отмечается на севере Беларуси - в бассейне Западной Двины, в условиях пересеченного рельефа (более 45 км на 100 км<sup>2</sup>), минимальная - на юге республики в бассейнах Буга и Припяти.

В Беларуси насчитывается свыше десяти тысяч озер (10 800). Среди них выделяются жемчужина Беларуси - озеро Нарочь (80 км<sup>2</sup>), Освейское (58 км<sup>2</sup>), Дрисвяты (45 км<sup>2</sup>), Червоное (40 км<sup>2</sup>), Дривяты (38 км<sup>2</sup>). Большинство озер расположено в северной части Беларуси - в Белорусском Поозерье. Озера здесь образовались в ледниковый период. Движущиеся огромные ледниковые глыбы выпахивали перед собой углубления, которые после таяния ледника заполнялись водой.

Озера Беларуси играют огромную роль в удовлетворении промышленных и бытовых нужд. Запасы содержащейся в них пресной воды идут в непосредственное использование человеком. Озера являются средоточием рыбных богатств и скоплениями такого ценного сырья, как сапропель.

Естественные ресурсы пресных подземных вод оцениваются в 15,9 км<sup>3</sup> в год (43,5 млн м<sup>3</sup> в сутки). В Беларуси, на первый взгляд, с питьевой водой дело обстоит не так уж плохо. На каждого жителя республики (учитывая всю пресную воду) приходится 20 м<sup>3</sup> пресной воды в сутки. Однако беда в том, что в большинстве своем эта вода загрязнена.

Давление антропогенного пресса сказалось и на состоянии водных ресурсов Беларуси. Белорусская вода содержит нефтепродукты, аммонийный и нитратный азот, фенолы, органические и биогенные вещества, соли тяжелых металлов. Минерализация воды крупных белорусских рек, таких, как Неман, Днепр, Припять, возросла за последние 15 лет на 20 %. В каждом пятом колодце вода превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) по многим микробиологическим показателям и содержанию ядохимикатов. Повсеместно наблюдается значительное увеличение в воде концентрации минерального азота, фосфора, нитратов, меди, цинка, хрома, формальдегида, нефтепродуктов. Список можно было бы продолжить. Такое положение сложилось при обстоятельствах всем хорошо известных. Это прежде всего отсутствие очистных сооружений на промышленных предприятиях, чрезмерная химизация сельскохозяйственного производства, поступление сточных вод из городов. И хотя статистика показывает, что в последние годы

качественный состав вод некоторых рек стал улучшаться (уменьшается содержание соединений азота, нефтепродуктов), оснований для оптимизма пока нет. Такое видимое «улучшение» следует расценивать в первую очередь как следствие повсеместного спада промышленного производства. В то же время в наиболее транспортных водных артериях состояние воды не улучшается.

Серьезные экологические нарушения связаны с деятельностью животноводческих комплексов, где технологии основаны на бесподстилочном выращивании животных и смыве гноя водой. Многие комплексы размещены в близости от водотоков, что приводит к загрязнению водной системы.

### 8.3. Почвенные ресурсы Беларуси

Для территории Беларуси характерны следующие основные типы почв: дерново-подзолистые, дерново-подзолистые заболоченные, дерново-болотные, дерновые, торфяно-болотные и пойменные. По составу подстилающих пород они подразделяются на песчаные, супесчаные, суглинистые на моренах, лессах, флювиогляциальных, аллювиальных, озерных и иных отложениях.

Общая площадь земельных ресурсов Беларуси оценивается цифрой в 20,76 млн. га. На долю продуктивных земель приходится примерно 86% этой площади, немногим более 6% составляют земли, отведенные под дороги, постройки, торфоразработки и прочее, и около 8% - так называемые неиспользуемые земли (болота, кустарники, пески).

По количеству сельскохозяйственных угодий на 1 жителя (0,92 га), в т.ч. пашни (0,58 га) Республика Беларусь превышает аналогичные показатели стран Европы в среднем в 1,5-2,0 раза.

На почвенный покров Беларуси в настоящее время оказывается значительное антропогенное давление. В первую очередь это проявляется в накоплении в почвах республики разного рода технофильных элементов, или продуктов техногенеза. Наиболее опасны продукты радиоактивного распада, которые загрязнили значительную часть почвенного покрова Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС.

На территорию Беларуси выпало 70 % всех радионуклидов после аварии на ЧАЭС. В настоящее время зона радиоактивного загрязнения охватывает 23 % территории республики, в т.ч. 1,3 млн.га сельскохозяйственных и 1,6 млн. га лесных земель.

К отрицательному техногенному фактору на территории Беларуси можно отнести и чрезмерную увлеченность минеральными удобрениями и ядохимикатами. Широкое использование минеральных удобрений в сельскохозяйственном производстве порождает ряд проблем. Ядохимикаты

подавляют биологическую активность почв, уничтожают микроорганизмы, червей, уменьшают естественное плодородие почв. У сотен видов насекомых возникли популяции, устойчивые к ядам, что заставляет искать новые дорогие препараты, усиливать химический пресс. Гибнет множество опылителей, и в связи с этим резко снижается урожайность полей гречихи, бахчевых культур.

Деграция земельных ресурсов в Республике Беларусь проявляется в следующих основных формах:

- водная эрозия;
- ветровая эрозия (дефляция);
- химическое (в т.ч. радионуклидное) загрязнение земель;
- деграция торфяных почв на осушенных болотах;
- деграция земель в результате добычи торфа, строительных материалов, культуртехнических работ, дорожного и другого строительства;
- коренного преобразования почв при длительном их сельскохозяйственном использовании;
- отведение земель под хозяйственные и селитебные (основная часть городской территории) объекты.

Одним из существенных факторов, в большей степени способствующих деграции почвенного покрова республики, явилось осуществление широкомасштабной мелиорации (1960-80 гг.). Общая площадь мелиорированных земель составляет 16,4% территории Беларуси. В Белорусском Полесье было осушено свыше 40% заболоченных территорий. В настоящее время в республике полностью деградировало около 223 тыс.га торфяных почв, на которых слой торфа разрушен полностью, или составляет менее 30 см.

#### **8.4. Растительные ресурсы Беларуси**

Среди растительных ресурсов особое место занимает лесная растительность.

Как экологическая система лес выполняет различные функции, причем значение средозащитной функции леса, т.е. сохранность генофонда флоры и фауны на порядок выше их экономического значения как источника сырья и продуктов.

Роль лесов и влияние их на окружающую природную среду многообразно. Значение лесной растительности проявляется в том, что леса:

- являются основным поставщиком кислорода на планете;
- непосредственно влияют на водный режим непосредственно лесных и прилегающих территорий;
- снижают отрицательное воздействие засух и суховеев, сдерживающих движение подвижных песков;

- смягчают климат, и тем самым способствуют повышению урожаев сельскохозяйственных культур;

- поглощают и преобразовывают часть атмосферных химических загрязнений;

- защищают почвы от водной и ветровой эрозии, селей, оползней, разрушения берегов и других неблагоприятных процессов;

- создают нормальные санитарно-гигиенические условия, благотворно влияют на психику человека, имеют огромное рекреационное значение;

- являются источником пищевых ресурсов для человека.

Лесной покров играет огромную средообразующую роль. Леса влияют на газовый баланс и состав атмосферы, водный и тепловой режим земной поверхности, формируют и сохраняют почвенный покров, регулируют численность и разнообразие животного мира. Лес дает человеку не только строительный материал и топливо. Он служит источником получения бумаги, скипидара, канифоли, глицерина, моющих веществ, смолы, кормовых дрожжей, хвойно-витаминной муки, дубителей, эфирных масел и многого другого (рис. 37). Расчеты показали, что человек в течение своей жизни использует в среднем около 200 деревьев, из которых производятся мебель, игрушки, бумага, спички, газеты, карандаши, дрова и т.д.

Современный естественный растительный покров занимает 67,1% территории Беларуси и представлен лесами (36,0%), лугами (17,2%), болотами (12,4%) и кустарниковыми зарослями (3,0%). Общая площадь земель лесного фонда составляет 8,9 млн. га.

Благодаря географическому положению и различию природных условий растительный покров характеризуется довольно большой пестротой.

Хотя лесами покрыто более 1/3 территории, их распределение очень неравномерно. В настоящее время леса занимают главным образом песчаные равнины и заболоченные низины. Крупных лесных массивов относительно немного, но нет и абсолютно безлесных районов. Самые большие лесные участки сохранились в западной части Гомельской и Могилевской, в восточной части Минской и северо-восточной части Брестской областей. В некоторых районах Полесья и в бассейне Березины лесистость превышает 50%. Меньше всего лесов в Гродненской области.

Почти все леса в той или иной мере вырубались, а затем возобновлялись преимущественно естественным, а также искусственным (с помощью лесных культур) путем.

В западной части Беларуси большинство районов сравнительно малолесные. Лесистость здесь в среднем равна 26,4%, причем на Гродненской возвышенности она составляет всего 5,4%. Здесь благодаря своему исключительному значению как охотничьего угодья сохранился единственный крупный лесной массив - Беловежская пуца.

Северная часть Беларуси в целом довольно лесистая. Почти сплошные леса покрывают бассейны притоков Зап. Двины, Дриссы, Полоты, Сосницы. На Верхнеберезинской низине леса занимают свыше 40, а вместе с болотами около 80% территории. Здесь расположена одна из крупнейших и самых значимых охраняемых природных территорий - Березинский биосферный заповедник.

Из всех возвышенностей Беларуси наиболее лесиста Минская, однако ее южная часть малолесна.

В восточной части Беларуси леса сохранились отдельными небольшими разбросанными участками и только в южной части - в междуречье Сожа и Беседи - они представлены довольно крупными массивами.

На юге Беларуси, в Полесской низменности, лесные массивы соединяются друг с другом почти на всем протяжении с запада на восток, причем западная часть низменности значительно менее лесиста, чем восточная. Наиболее лесиста центральная часть Полесья.

Хвойные леса Беларуси представляют формации сосновых и еловых лесов, которые составляют соответственно 57,6 и 9,5% современного лесного покрова. Сосновые леса довольно равномерно распределены по всей территории. Среди сосновых лесов различают боры - монодоминантные (преобладает один вид) сосновые фитоценозы, иногда с небольшой примесью березы, и суборы - сосняки с примесью ели и дуба, которые обычно располагаются во втором ярусе.

Основная часть еловых лесов находится на севере Беларуси в Белорусском Поозерье. В Полесье ельники встречаются изредка небольшими изолированными участками, большинство из которых находятся под охраной как памятники природы.

Широколиственные леса в Беларуси представлены дубовыми, ясеневыми, грабовыми лесами и некоторыми другими (кленовыми, липовыми, вязовыми), не имеющими большого влияния в определении общей структуры лесов Беларуси, не представляющими большой научный интерес и нуждающиеся в охране.

Важной частью лесных ресурсов являются недревесные ресурсы. К ним относятся пищевые (ягодные, плодовые), лекарственные, технические, кормовые и др. растения и грибы. Из ягодных лесных растений в Беларуси основными являются клюква, черника, брусника, голубика, а из плодовых - рябина, шиповник. Площади грибных угодий составляют 30-35% от площади древостоев.

В настоящее время в структуре лесной растительности Беларуси наблюдается неравномерность распределения лесов: некоторые районы сильно обезлесены. Около  $\frac{1}{5}$  площади, покрытой лесными насаждениями, находится под лесокультурами, т.е. занято малопродуктивными неполноценными насаждениями. Сокращается площадь насаждений, где

преобладают такие хозяйственно важные породы как дуб, граб, ясень и др. В то же время увеличивается площадь под малоценными мелколиственными насаждениями (березняки и осинники). Большая площадь занята молодыми насаждениями.

### **8.5. Состояние ресурсов животного мира Беларуси**

Роль животного мира в природе многообразна. Животные участвуют в формировании ландшафта. За счет морских одноклеточных образуются осадочные породы. Коралловые полипы в теплых морях и океанах формируют многочисленные коралловые острова. Животные играют огромную роль в образовании почв. В почве обитают простейшие, круглые и кольчатые черви, коллемболы, клещи, насекомые и их личинки. Различные млекопитающие разрыхляют почву и способствуют проникновению в нее воздуха, влаги, органических веществ.

Неоценима роль животных в жизни растений. Без непосредственного участия в процессе жизнедеятельности растений таких животных как насекомые, птицы, летучие мыши - продолжение их рода было бы невозможным. Причем, одни растения непосредственно участвуют в опылении и оплодотворении цветковых растений, другие же (в том числе крупные млекопитающие и птицы) способствуют распространению плодов и семян. Взаимодействуя с растениями, животные участвуют в круговороте веществ в природе и играют большую роль в поддержании динамического равновесия в биосфере.

Многие виды животных служат для человека источником белкового питания и жира. Сельскохозяйственные животные, промысловые звери, рыбы, птицы, некоторые беспозвоночные - это все звенья одной природной цепи, без которых человеку не выжить.

На территории Беларуси к охотничье-промысловым позвоночным относятся 22 вида млекопитающих (среди них лось, кабан, зайцы, бобр, белка, волк, лисица), 31 вид птиц (таких как кряква, серая утка, чирок-свистун, красноглазая и хохлатая червиль), 1 вид рептилий (жаба обыкновенная), 1 вид беспозвоночных (виноградная улитка). Из 45 местных видов птиц наиболее промысловое значение имеют 20-25 видов. Это щука, судак, лещ, налим, сом, плотва, окунь, густера и др. Одним из наиболее ценных видов промысловых пресмыкающихся является гадюка обыкновенная. Ежегодно из природного окружения безвозвратно изымается 1-2 тыс. особей этого вида для промышленного производства и переработки змеиного яда.

Для сохранения диких животных редкие и вымирающие виды их занесены в Красную книгу. Они нуждаются в тщательной охране. В настоящее время в Красную книгу Беларуси включено 182 вида животных.

Наиболее осязаемое воздействие на большинство хозяйственно ценных животных оказывает прямое изъятие их в процессе охоты. Большое значение имеет изменение условий их местообитания. Именно с антропогенными изменениями естественных биоценозов связано сокращение на территории Беларуси таких редких хищников как бурый медведь и рысь. Плохо контролируемая охота и браконьерство приводят к резкому снижению многих ценных в хозяйственном отношении видов. Это касается таких животных как выдра, лось, глухарь, бобр.

Неоправданная зачастую хозяйственная деятельность человека (вырубка лесов, осушение болот, зарегулирование стока рек) привела к тому, что за последние 50-100 лет из водоемов республики исчез ряд видов рыб, таких как речная минога, белуга, рыбец, лосось, кумжа и др.

Одним из ярких примеров отрицательных последствий неправильного, нерационального лесопользования является процесс быстрого и неуклонного исчезновения полесской популяции глухаря, который особенно чувствителен к неблагоприятным последствиям.

Важнейшей мерой охраны животного мира является строгое соблюдение законов об охоте, предусматривающих сроки и способы добывания промысловых животных.

### **Вопросы для повторения**

1. Дайте общую характеристику природным ресурсам.
2. В чем опасность истощаемости природных ресурсов?
3. Какие причины привели к возникновению проблемы дефицита пресной воды?
4. Перечислите основные источники загрязнения естественных пресных вод.
5. Что такое энергетические ресурсы?
6. Назовите причины деградации почвенного покрова Беларуси.
7. Какова роль леса в жизни человека?
8. Перечислите главные биологические ресурсы Земного шара, используемые человеком.

## **ГЛАВА 9. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ГЛОБАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА**

### **9.1. Экологические проблемы современности**

В современных условиях человечество получило практически неограниченные возможности воздействия на природу. В пределах жизни одного поколения преобразуется облик планеты – исчезают леса, осушаются

болота, а вместе с ними процветающие виды растений и животных, на месте естественных первичных биоценозов создаются вторичные агроценозы, истощаются залежи полезных ископаемых. Удобрения, ядохимикаты, отходы промышленности, бытовые стоки, кислотные и радиоактивные осадки, канцерогенные углеводороды, изменяют химический состав воздуха, воды, истощают почву. Постоянно растет количество людей на земном шаре. Своей хозяйственной деятельностью человечество изменяет структуру биосферы, нарушая геохимические круговороты вещества и энергии и по сути дела создается новая среда обитания для всего живого, в том числе и для самого себя.

Нынешнюю глобальную экологическую ситуацию на рубеже 21 века нашей эры можно коротко охарактеризовать исходя из двух особенностей.

Во-первых, это продолжающееся увеличение глобальной численности человечества, в основном за счет развивающихся стран и ускоренный рост городского населения и как следствие, обострение социально-экономических контрастов внутри стран, между развитыми и развивающимися странами.

Вторая особенность – продолжающееся ухудшение глобальной экологической ситуации, несмотря на успешные локальные очистки, огромную природоохранную инфраструктуру и ресурсосберегающие технологии.

Отсюда вытекают основные экологические проблемы, которые широко известны и не менее широко обсуждаются мировой общественностью:

- изменение климата (геофизики) Земли на основе усиления парникового эффекта;
- общее ослабление стратосферного озонового экрана и образование «озонных дыр» над Антарктикой и «малых дыр» над другими регионами планеты;
- замусоривание и иное загрязнение ближайшего космического пространства;
- загрязнение атмосферы с образованием кислотных осадков, сильно ядовитых и пагубно действующих веществ в результате вторичных химических реакций в том числе фотохимических (образование серной кислоты в атмосфере от выбросов сернистого ангидрида);
- загрязнение океана, захоронение в нем (дампинг) ядовитых и радиоактивных веществ, насыщение его вод углекислым газом из атмосферы, поступление в него антропогенных нефтепродуктов, других загрязняющих веществ, особенно тяжелых металлов и сложно-органических соединений, подкисление мелководий за счет загрязненной сернистым ангидридом и окислами азота атмосферы, а также разрыв экологических связей между океаном и водами суши в связи со строительством плотин на реках;

- истощение и загрязнение поверхностных вод суши, континентальных водоемов и водотоков, подземных вод и нарушение баланса между подземными и поверхностными водами;

- радиоактивное загрязнение локальных участков и некоторых регионов, в особенности с текущей эксплуатацией атомных устройств, Чернобыльской аварией и испытаниями ядерного оружия;

- продолжающееся накопление на поверхности суши ядовитых и радиоактивных веществ, бытового мусора, промышленных отходов, в особенности практически неразложимых и очень стойких, типа полиэтиленовых изделий, других пластмасс и т.п.

- опустынивание планеты в новых регионах, расширение уже существующих пустынь, углубление самого процесса опустынивания, т.е. деградация плодородных земель.

- сокращение площади тропических и северных лесов, болот ведущее к дисбалансу кислорода, иссушению и усилению процесса исчезновения многих видов животных и растений (на грани исчезновения находится в настоящее время около 30 тыс. видов)

- освобождение и образование в ходе вышеуказанного процесса новых экологических ниш и заполнение их нежелательными организмами – вредителями, паразитами, возбудителями новых заболеваний растений и животных, включая человека.

- ухудшение среды жизни в городах и сельской местности, увеличение шумового воздействия, стрессов, подавления человека высотными зданиями, дискомфорта обезличенного строительства, напряженного темпа городской жизни и потери социальных связей между людьми, возникновения «психологической усталости».

## 9.2. Понятие экологического кризиса

Начиная с конца 50-х начала 60-х годов XX века человечество начало ощущать первые симптомы воздействия промышленных выбросов, которые на первый взгляд не грозили серьезными последствиями и не угрожали здоровью человека. Однако к настоящему времени изменение состояния биосферы под воздействием антропогенного фактора оказались настолько заметными и значимыми, что настоятельно потребовалось их определить, найти причины изменения состояния окружающей среды и указать возможные пути существования человечества в будущем.

Явное присутствие людей не отмечено пока на площади примерно 48 млн.км<sup>2</sup> суши при общей площади около 149 млн.км<sup>2</sup>. При этом доля свободной от людей территории в Северной Америке 37%, странах СНГ – 33%, в Австралии, Океании и Африке – 27%, в Южной Америке – 20%, в Азии – 18%, в Европе – 3% (Реймерс,1994), а Антарктида практически

свободна от следов человека. Но это если не считать опосредованных воздействий через атмосферу и водный сток. Влияние через эти каналы охватывает и Мировой океан, так как в его водах растворяется антропогенно освобожденный углекислый газ, вещества типа  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_4$  и другие загрязнители, местами от покрыт нефтяной пленкой, загрязнен фенолами и т.д. Все это неблагоприятно воздействует на человека и его хозяйство. В этом смысл экологического кризиса. Уже не только природа, но и человек ощущает результаты своей деятельности.

**Экологический кризис — это ситуация, возникшая в природных экосистемах в результате нарушения равновесия под воздействием антропогенных факторов (зарегулирование рек, вырубка лесов, загрязнение атмосферы, гидросферы, почв и т.п).**

**Итоговая ситуация** - снижение биоразнообразия, продуктивности, опустынивание природных экосистем, и как, следствие, ухудшение здоровья человека.

Еще в 70-е годы известнейший американский эколог Б. Коммонер констатировал в своей книге «Замыкающийся круг», что одна из главнейших причин кризиса окружающей среды состоит в том, что огромные количества вещества извлечены из Земли, преобразованы в новые соединения и рассеяны в окружающей среде без учета того факта, что все должно куда-то деваться (3 закон Коммонера). В результате пагубно большие количества (миллионы тонн) этих веществ производятся, накапливаются в тех местах, где их по природе не должно быть, широко рассеиваются по биосфере и оказывают негативное воздействие на жизнедеятельность живых организмов.

Кроме воздействия человека наблюдаются и **стихийные бедствия (или природные экологические бедствия)**, не связанные с деятельностью человека. Это любое, как правило, непредотвратимое разрушительное природное явление (засуха, наводнение, землетрясение, цунами, ураган и т.п.), причиняющее экономический ущерб и несущее угрозу здоровью и жизни людей, а также отрицательно и даже во многих случаях катастрофически воздействующее на природные экосистемы. Эти два понятия - стихийное бедствие (природное экологическое бедствие) и экологический кризис необходимо четко разграничивать.

Н.Ф.Реймерс (1994) предлагает свою классификацию антропогенного воздействия на состояние окружающей среды, выделяя 3 степени или стадии экологического кризиса. Эти стадии экологического кризиса не обязательно одна переходят в другую, а существуют по отдельности. Но если пресс антропогенного воздействия не снижается, то конечно одна стадия может переходить в другую.

**1. Зона напряженной экологической ситуации или экологически проблемная зона.** Это ареал в пределах которого скорость антропогенных

нарушений превышает темпы самовосстановления природы и существует угроза коренного, но еще обратимого изменения природных систем, где отдельные показатели здоровья населения (заболеваемость детей, взрослых, число психических отклонений и т.п.) достоверно выше нормы, ранее существовавшей в данном месте или существуют в аналогичных местах страны и мира, не подвергающихся антропогенному воздействию сходного типа. Это воздействие не приводит к заметным и статистически достоверным изменениям продолжительности жизни населения и более ранней инвалидности людей профессионально не связанных с источником воздействия. Целесообразна экономическая компенсация и улучшенное медицинское обслуживание жителей зоны.

**2. Зона экологического бедствия.** Ареал в пределах которого происходит все более труднообратимая замена продуктивных экосистем менее продуктивными (нарастает опустынивание); невозможно ведение социально-экономически оправданного хозяйства; показатели здоровья населения (детская смертность, заболеваемость детей и взрослых, психические отклонения и т.п.), частота и скорость наступления инвалидности достоверно выше, а продолжительность жизни людей заметно и статистически достоверно ниже, чем на аналогичных территориях, не подвергающихся подобным воздействиям, или бывшим в том же ареале до констатации рассматриваемых воздействий. Экономическая компенсация жителям не исправляет положения – необходимы вложения в его улучшение.

**3. Зона экологической катастрофы.** Ареал в пределах которого происходит необратимый или весьма трудно обратимый переход к полной потере биологической продуктивности (сильное, быстрое опустынивание), либо возникла физико-химическая и/или биологическая аномалия, представляющая опасность для жизни, здоровья, репродуктивной способности человека, способствующая возникновению канцерогенных и/или мутагенных эффектов в течение индивидуальной жизни человека или в ряду поколений. Это делает территорию непригодной для жизни и хозяйства человека. Люди могут находиться в зоне экологической катастрофы лишь временно, коренное население подлежит отселению. Можно надеяться лишь на самовосстановление экологической ситуации. Компенсации подлежит потеря «малой родины», стрессы перемены места жительства, необходимо значительное улучшение качества жизни на новом месте проживания.

Какие же пути преодоления экологического кризиса на нашей планете и есть ли они? Н.Ф.Реймерс обосновывает основные позиции современной экополитики в этом направлении. Кратко их можно изложить так:

**1)** прежде всего, нужна тщательная инвентаризация природных ресурсов, в экосистемах по всей их иерархии. Абсолютно необходим глобальный банк натуральных данных, который должен включать констатации

количества и качества ресурсов, их динамику, реакции экосистем на антропогенное давление.

2) одним из основных путей выживания человечества следует считать создание механизма превентивного сохранения природных ресурсов и условий на рыночной основе. Пока цена природных ресурсов и оценка ущербов от изменения среды жизни (тоже ресурсный фактор, но обычно выделяемый в особую категорию) определяется на базе различных подходов. Должны быть разработаны глобальные нормативы и мировые цены на все природные ресурсы и сложится их мировой рынок. Нулевой оценки природных ресурсов давно уже нет. Любая часть «организма» природы что-то стоит для человечества, хотя бы потому, что для всех желающих ресурсов уже нет.

3) интенсификация использования природных ресурсов при условии сохранения среды жизни и увеличения темпов экономического роста. Одно из направлений – наиболее полное извлечение минеральных ресурсов, например, нефти, иногда теряемой до 70%. То же касается и сельхозресурсов. Такой же процесс возможен и в лесном хозяйстве, где сейчас идет хищническая вырубка леса.

4) использование массива вторичных ресурсов. В Чехии, например, лом черных металлов используют на 90%, отходы текстильного производства на 65, стекольного – свыше 30. Внутренний ресурсный круг, не вовлекающий природные запасы извне невозможен, но в ряде случаев (пример Японии) он может занять ведущее место.

5) разумная достаточность в числе и размере предприятий совершенно необходима. Одновременно следует стремиться к тому, чтобы изделия были по возможности миниатюрными и забирали минимум ресурсов. Оптимизация числа и размеров хозяйственных единиц и их продукции – еще один путь облегчения экологической ситуации. В очередной раз следует напомнить, что гигантизм – начало конца. Это общесистемный закон.

6), экономия энергии и смена ее источников на водород и солнечные батареи неизбежны, хотя это произойдет не скоро – поколения энергоисточников заменяются не чаще, чем через 30-40 лет. Количество ГЭС, АЭС и ТЭС уже превысило предел разумной достаточности. Дальнейшее их развитие опасно, даже если удастся улавливать отходящие газы ТЭС и АЭС. К тому же ГЭС, разрывая экологические цепи «река-водоем», ведут к непредсказуемым изменениям в морских экосистемах.

7) существенной отраслью в сфере воспроизводства природной среды выступает поддержание экологического равновесия. Необходимо сохранять определенное соотношение между количеством и качеством экологических компонентов – энергией, водой, воздухом, почво-субстратами, растениями, животными и микроорганизмами. Иначе говоря, нельзя безнаказанно распахать весь мир, пагубно использовать сверхтяжелые

сельскохозяйственные машины, делать открытые разрезы для добычи полезных ископаемых, в результате чего образуются воронки депрессии подземных вод, охватывающие территорию в радиусе 150-200 км и т.п.

8) демографическое планирование становится в повестку дня. Оно возможно лишь на базе социально-экономических компенсаций, изменения самой основы воспроизводства населения. Это уже происходит в развитых странах, имеющих низкий или отрицательный прирост населения. Его база – высочайшая социальная защищенность и материальная обеспеченность людей, приемлемое качество жизни, высокая культура, чувство собственного достоинства и уважение прав человека, уверенность в своем завтрашнем дне и будущем немногочисленных потомков.

9) для осуществления всех этих направлений необходимы знания и поэтому расходы на науку должны быть увеличены многократно. Например, в США – стране, которую едва ли можно заподозрить в легкомысленном разбрасывании денег, расходы на науку с 1972 по 1987 г увеличились с 40,092 млрд. до 132,4 млрд. долларов. При этом число ученых возросло лишь с 56 до 66 на 10 000 населения.

Выдающийся американский эколог Б. Коммонер сказал: «Я нахожу еще один источник оптимизма в самой природе кризиса окружающей среды. Кризис этот - продукт не биологических свойств человека, которые не могли бы измениться достаточно быстро, чтобы спасти нас, но его социальных деяний, которые могут подвергаться гораздо более быстрым изменениям. Поскольку кризис окружающей среды есть результат бесхозяйственного отношения к мировым ресурсам, то его можно преодолеть, и человек сможет жить в действительно человеческих условиях, если социальное устройство человеческого общества будет приведено в гармонию с экосферой...».

### **9.3. Определение и классификация загрязняющих веществ**

Часто употребляемый термин «загрязнение» хорошо отражает содержание понятия: это многочисленные воздействия, которые, так или иначе разрушают естественную среду. Все проблемы сводятся к тому, что человек в процессе деятельности создает отходы, которые он и не уничтожает, и не умеет пустить в круговорот. В то время как количество населения и загрязнения с течением времени непрерывно возрастают, возможности самоочищения природной среда среды проходит обратную эволюцию, приближаясь к состоянию деградации.

Термин «загрязнение» означает без какой-либо двусмысленности воздействие всех токсичных веществ, которые человек выбрасывает в экосферу.

Дать классификацию загрязнений — дело нелегкое, так как существуют многочисленные критерии, по которым ее можно осуществить, но ни

одна такая классификация не будет вполне удовлетворительной. Загрязняющие вещества можно сгруппировать по их природе — физической, химической, биологической и т. д.; можно с экологической точки зрения рассматривать среду, в которой они оказывают свое вредное воздействие. Можно рассматривать загрязнение с медицинской точки зрения и изучать среду обитания или способ поражения человеческого организма — через пищу, при кожных контактах, при дыхании.

В табл. 9.3.1. представлена обобщенная классификация загрязнений по Ф.Рамаду (1981). В ней сделана попытка найти компромисс между различными точками зрения.

Таблица 9.3.1. Классификация основных типов загрязнений и вредных воздействий

<b>1. Физические загрязнения</b>			
Радиоактивные элементы (излучение) Нагрев (или тепловое загрязнение) Шумы и низкочастотная вибрация (инфразвук)			
<b>2. Химические загрязнения</b>			
	Атмосфера	Гидросфера	Почва
Газообразные производные углерода и жидкие углеводороды	+	+	
Моющие средства		+	
Пластмассы	+	+	+
Пестициды и другие синтетические органические вещества	+	+	+
Производные серы	+	+	+
Производные азота	+	+	+
Тяжелые металлы	+	+	+
Фтористые соединения	+	+	+
Твердые примеси (аэрозоли)	+		+
Органические вещества, подверженные брожению		+	+
<b>3. Биологические загрязнения</b>			
Микробиологическое отравление дыхательных и питательных путей (бактерии, вирусы)			
Изменение биоценозов из-за неумелого внедрения растительных или животных видов			
<b>4. Эстетический вред</b>			

Нарушение пейзажей и примечательных мест грубой урбанизацией или малопривлекательными постройками			
Строительство индустриальных центров в девственных или мало затронутых человеком биотопах			

**Физическое загрязнение** связано с изменением физических, температурно-энергетических, волновых и радиационных параметров внешней среды. Так тепловое воздействие особенно заметно при работе теплоэлектростанций, когда в водоем-охладитель выбрасывается подогретая до 30-40°C вода, используемая для охлаждения турбин теплоэлектростанций. Вода не загрязнена химическими веществами, но постоянный температурный пресс нарушает гомеостаз водных экосистем водоемов-охладителей, что приводит к образованию бескислородных зон, повышенному развитию цианобактерий и исчезновению многих видов гидробионтов.

Одними из значимых физических воздействий являются шум и электромагнитные излучения. Естественные природные звуки на самочувствии человека, как правило, не сказываются. Звуковой дискомфорт создают антропогенные источники шума, которые повышают утомляемость человека, снижают его умственные возможности, значительно понижают производительность труда, вызывают нервные перегрузки, стрессы и т.п.

Источниками электромагнитных воздействий являются высоковольтные линии электропередач, электроподстанции, антенны радио- и телепередающих станций, а в последнее время также микроволновые печи, компьютеры, мобильные телефоны. Установлено, что при длительном воздействии электромагнитных полей даже у здоровых людей отмечаются повышенная утомляемость, головные боли, чувство апатии и др.

**Химические загрязнения** являются наиболее опасными для природных экосистем и человека. Многие химические вещества обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, среди которых особенно опасны 200 наименований (список составлен экспертами ЮНЕСКО): бензол, асбест, бензопирен, пестициды соли тяжелых металлов (особенно ртути, свинца, кадмия), разнообразные красители, детергенты, синтетические моющие средства, а также пищевые добавки. По расчетам специалистов, в настоящее время в природной среде содержится от 7 до 8,6 млн. химических веществ, причем их арсенал ежегодно пополняется еще 250 тыс. новых соединений.

**Биологическое загрязнение** – случайное или связанное с деятельностью человека вселение чужеродных растений, животных и микроорганизмов

(бактериологическое загрязнение), ухудшающее условия существования естественных экосистем, агроэкосистем и самого человека.

Основными источниками биологического загрязнения являются предприятия производящие антибиотики, ферменты, вакцины, сыворотки, кормовой белок, биоконцентраты сточные воды предприятий пищевой и кожевенной промышленности. Из этих источников разнообразные органические соединения и патогенные микроорганизмы попадают в почву и подземные воды. Особую опасность представляет биологическое загрязнение среды возбудителями инфекционных и паразитарных болезней. Новая экологическая опасность создается в связи с развитием биотехнологии и генной инженерии. При несоблюдении санитарных норм возможно попадание из лаборатории или завода в окружающую среду микроорганизмов и биологических веществ, оказывающих весьма вредное воздействие на биотические сообщества, здоровье человека и его генофонда

Инвазивные, чужеродные виды ныне считаются одной из основных угроз для биоразнообразия наряду с потерей местообитаний. Ожидается, что биологические инвазии станут основными двигателями экологической дезинтеграции из-за все увеличивающегося распространения чужеродных видов, что вызвано резким ростом транспортных технологий, расширением туризма и путешествий, а также свободной всемирной торговли. Всем известный чужеродный для Европейского континента колорадский жук. Периодически он попадал в Европу при перевозке картофеля из Америки, но его успешно уничтожали. Как полагают в 1918-19гг несколько зараженных очагов на территории Франции не смогли вовремя локализовать. С тех пор этот вредитель начал успешно продвигаться по картофельным плантациям на восток, нанося им самый большой ущерб.

**Эстетический вред** условно можно отнести к загрязнениям окружающей среды. Это обезличенное строительство, засорение уникальных, живописных пейзажей промышленным и малопривлекательным строительством, свалками мусора, линиями электропередач и т.д.

Эксперты ООН выделили 10 главных загрязнителей, которые оказывают самое ощутимое воздействие на живые организмы (табл. 9.3.2).

Таблица 9.3.2. Главные загрязнители биосферы.

1. Углекислый газ	Образуется при сгорании всех видов топлива. Один из парниковых газов. Влияет на тепловой баланс биосферы
2. Окись углерода	Образуется при неполном сгорании топлива. Негативно влияет на дыхательную систему человека.
3. Сернистый газ	Содержится в дымах промышленных предприятий. Создает смог. Вызывает обострение респираторных заболеваний. Источник образования серной кислоты в атмосфере с последующим

	выпадением кислотных осадков.
4. Окислы азота	Попадают в атмосферу от стационарных источников, автотранспорта, переизбытка азотных удобрений. Создают смог. Вызывают обострение респираторных заболеваний. Источник образования азотной кислоты в атмосфере с последующим выпадением кислотных осадков.
5. Фосфаты	Содержится в удобрениях. Один из главных загрязнителей рек и озер.
6. Ртуть	Загрязнитель водной среды. Один из опасных загрязнителей морепродуктов. Накапливается в организме и вредно действует на нервную систему
7. Свинец	Попадает в атмосферу с выхлопными газами автомобилей. Влияет на кровеносную, нервную и мочеполовые системы, откладывается в костях и тканях.
8. Нефть и нефтепродукты	Загрязнитель водной среды. Образует газонепроницаемую пленку на поверхности воды, что приводит к гибели водные организмы.
9. Ядохимикаты	Токсичны для живых организмов. Многие являются канцерогенами.
10. Радиация	Приводит к генетическим мутациям и злокачественным новообразованиям.

#### 9.4. Воздействие на атмосферу: смог, кислотные осадки

Из всех компонентов биосферы атмосфера обладает наибольшей способностью переносить возникшие в ней возмущения на большие расстояния. По этой причине атмосферные процессы являются основным механизмом превращения локальных воздействий человека на окружающую его среду в глобальные. В районах связанных с атмосферными загрязнениями резко повышена заболеваемость аллергического характера. Особенно опасны воздействия на человека канцерогенных веществ, которые способствуют развитию раковых и других опухолевидных образований. Их источниками являются выхлопные газы автомобилей, промышленные отходы при неполном сжигании твердого и жидкого топлива, отходы промышленной переработки нефти.

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

**Естественное загрязнение** воздуха вызвано природными процессами: извержения вулканов, лесные и степные пожары, пыльные бури, выветривание, растительная пыльца и др. Со всеми этими загрязнениями биосфера как саморегулирующая система благополучно справляется.

**Антропогенное загрязнение** связано с выбросами различных загрязняющих веществ в процессе деятельности человека. По своим масштабам, последствиям для природных экосистем и здоровья самого человека оно значительно превосходит природные загрязнители. Условно

антропогенное загрязнение атмосферы можно разделить на следующие группы:

1) Механические (твердые) загрязнители – различные выбросы промышленных предприятий: твердые пылевидные частицы от цементных заводов и производителей удобрений, сажа от неполного сгорания всех видов топлива, истирающаяся резина от автопокрышек и т.п.

2) Химические загрязнители – пылевидные или газообразные вещества, способные вступать в химические реакции: сернистый газ, окислы азота, которые в атмосфере под воздействием солнечных лучей образуют серную и азотную кислоту.

3) Радиоактивные загрязнители – опасные выбросы радионуклидов в результате аварий на атомных электростанциях, атомных военных объектах, в результате испытаний атомного оружия и отходов от ядерного производства. Это наиболее опасное загрязнение атмосферы.

Одним из самых значимых воздействий загрязненной атмосферы на здоровье человека является смог (смесь дыма и тумана).

**Смог** (от англ. «smoke» — дым и «fog» — туман) — один из видов загрязнения воздуха в крупных городах и промышленных центрах.

Сам по себе туман не опасен для человеческого организма, губительным он становится, только тогда, если чрезмерно загрязнен токсическими примесями. Впервые термин «смог» был введен доктором Генри де Во в 1905 г в статье «Туман и дым». Первоначально под смогом подразумевался дым, образованный сжиганием большого количества угля (смешение дыма и диоксида серы  $SO_2$ ).

Смог стал неотъемлемой частью Лондона в конце XIX века и получил название «pea-souper» (то есть похожий на гороховый суп — густой и желтый). Этот смог впоследствии назвали *классическим или лондонским*. 5 декабря 1952 над всей Англией возникла волна высокого давления, и в течение нескольких дней не ощущалось ни малейшего дуновения ветра. Однако трагедия разыгралась только в Лондоне, где была высокая степень загрязнения атмосферы — за 3-4 дня там погибло более 4000 человек и еще 8000 человек умерло в последующие несколько месяцев. Английские специалисты определили, что смог 1952 г содержал несколько сот тонн дыма и сернистого ангидрида. Лондонский смог наблюдается лишь в осенне-зимнее время (с октября по февраль). Главную опасность представляет содержащийся в нем оксид серы в концентрации свыше 5-10 г/м.

В 1950-х гг. был впервые описан новый тип смога — *фотохимический или Лос-Анжелесский*, который является результатом смешения следующих загрязнителей воздуха:

- оксиды азота, например, диоксид азота (продукты горения ископаемого топлива);
- тропосферный (приземный) озон;

- летучие органические вещества (пары бензина, красок, растворителей, пестицидов и других химикатов);

- перекиси нитратов.

Все эти ингредиенты содержатся в выхлопных газах автомобилей и они крайне опасны для дыхательной и кровеносной системы человека. Особенно остро воздействие выхлопных газов начало сказываться в Лос-Анжелесе (из-за огромного числа производимых автомобилей его еще называли неофициальной автомобильной столицей мира), который расположен в низине окруженной со всех сторон холмами, где примерно 270 суток в году проходят со смогом.

**Кислотные осадки.** Кислотные осадки (кислотные дожди) имеют pH менее 5,6. Образуются они при промышленных выбросах в атмосферу диоксида серы и окислов азота, которые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют серную и азотные кислоты. В настоящее время в атмосферу попадает примерно 60-70 млн. тонн серы в виде двуокиси ( $SO_2$ ). Это примерно в 2 раза превосходит естественные источники (в атмосферу сера поступает из почвы в форме газообразных соединений).

Термин «кислотные дожди» предложил в 1872 году английский инженер Роберт Смит в книге «Воздух и дождь: начало химической климатологии». Впоследствии термин «кислотный дождь» трансформировался в термин «кислотные осадки», как более широкое определение всей совокупности осадков, содержащих примеси, вредные для жизнедеятельности организмов. Особенно сильное влияние кислотных дождей начало проявляться в 70-е годы. В реках и озерах скандинавских стран стала исчезать рыба и особенно раки. Снег в горах окрасился в серый цвет, листва с деревьев опала раньше времени. Мировой рекорд в этом печальном явлении принадлежит шотландскому городку Питлокри, где 20 апреля 1974 г, выпал дождь с pH - 2,4, — это уже не вода, а что-то вроде столового уксуса. Очень скоро то же явление заметили в США, Канаде. Заметно пострадали от кислотных осадков озерные водоемы и особенно в северных странах: Канаде, Норвегии, Швеции, Финляндии и США, в России в Карелии. Так, например в одной только Швеции в 1800 озерах полностью были утрачены признаки жизни.

До определенного времени проблема кислотных осадков считалась региональной связанной главным образом с развитием промышленности Северного полушария, где интенсивно использовались техногенные ископаемые. Однако в связи с тем, что выбросы промышленных предприятий могут переноситься воздушными потоками на многие тысячи километров и вызывать кислотные осадки в странах, которые находятся на больших расстояниях от источников загрязнения, сделали эту проблему глобальной. На рис. 9.4.1 показано как образуются кислотные дожди и выпадают на поверхность Земли.

Огромный вред наносят они лесам да и садам тоже. Особенно страдают хвойные деревья, потому, что хвоя сменяется реже, чем листья, и поэтому накапливает больше вредных веществ. По этой причине в различных регионах мира уже практически погибали леса на площади более 31 млн. га. В настоящее время на территории Германии кислотными осадками повреждено более 30% лесных насаждений, а в Канаде уже погибли старейшие леса из бальзамической ели (возраст которых насчитывался не менее 300 лет). Из сельскохозяйственных растений наиболее подверженными этому вредоносному действию оказались листья томатов, фасоли, баклажанов, табака, подсолнечника, винограда и хлопчатника, урожайность которых может снижаться в среднем на 20-30%. А вот наименее восприимчивыми оказались — озимая пшеница, клевер, люцерна, кукуруза и салат.

Конечно же, атмосфера обладает способностью к самоочищению от загрязняющих веществ. Не будь этого, человечество давно погибло бы от собственных промышленных отходов. Всякое загрязнение вызывает у природы защитную реакцию, направленную на его нейтрализацию. Эта способность долгое время эксплуатировалась человеком бездумно и хищнически. Казалось, как ни велика масса отходов, по сравнению с защитными ресурсами она незначительна. Однако процесс загрязнения прогрессирует, и становится очевидным, что природные системы самоочищения не безграничны.

### **9.5. Проблема глобального потепления (парниковый эффект)**

Практически еженедельно появляются сообщения об исследованиях в этой сфере. Вот британские натуралисты сообщают о смещении к северу ареалов некоторых видов птиц. Канадцы отмечают, что северные реки остаются замерзшими в среднем на две недели меньше, чем полвека назад. В Гренландии в последние годы резко ускорилось движение ледников, спускающихся к морю. Арктические льды отступают летом значительно дальше на север, чем прежде. На Антарктическом полуострове, который вытянулся в сторону Южной Америки, тоже идет быстрое разрушение ледников. По некоторым данным, стал замедлять свое течение Гольфстрим.

За все время существования жизни на Земле средняя приземная температура заведомо не выходила за пределы 5-50°C и последние шестьсот миллионов лет колебалась в пределах 10-20°C, что в среднем составляет 15°C. Единственным объяснением существовавшей устойчивости пригодного для жизни климата Земли является предположение о действии биотической регуляции окружающей среды, т.е. поведение альбеда (отраженная планетой часть солнечного излучения) и всех других, важных для жизни характеристик климата Земли находятся под контролем глобальной биоты.

Климатологи из крупнейших мировых исследовательских центров, собрав и обработав доступные архивы метеоданных из разных уголков земного шара, привели данные к единой шкале (рис. 9.5.1.).



Рис. 9.5.1. Глобальные изменения среднегодовой температуры Земли.

Получилось четыре ряда глобальных температур, начинающихся со второй половины XIX века. На них видны два отчетливых пика планетарного потепления. Один из них приходится на период с 1910 по 1940 год. За это время средняя температура на Земле выросла на 0,3–0,4°C. Затем в течение 30 лет температура не росла и, возможно, даже немного снизилась. А с 1970 года начался новый период потепления, который продолжается до сих пор. За это время температура повысилась еще на 0,6–0,8°C. Таким образом, в целом за XX век средняя глобальная температура приземного воздуха на Земле выросла примерно на один градус. Это довольно много, поскольку даже при выходе из ледникового периода потепление обычно составляет всего 4–5°C.

Факт потепления более бесспорен и заметен для Северного полушария Земли. В Южном полушарии по-настоящему серьезное потепление отмечается только на Антарктическом полуострове. На всей же остальной территории Антарктиды, особенно в ее центральных районах, ничего похожего в последние 50 лет не наблюдалось. Все это дает основание ряду ученых говорить, что потепление носит локальный характер, связанный с Северным полушарием Земли.

Наиболее сильные колебания температуры наблюдаются в Арктике, Гренландии и на Антарктическом полуострове. Именно приполярные регионы, где вода находится на границе таяния и замерзания, наиболее чув-

ствительны к изменениям климата. Здесь все пребывает в состоянии неустойчивого равновесия. Небольшое похолодание приводит к увеличению площади снегов и льдов, которые отражают в космос солнечное излучение, способствуя тем самым дальнейшему понижению температуры. И наоборот, ее повышение приводит к сокращению снежно-ледового покрова, что приводит к лучшему прогреву воды и почвы, а от них уже и воздуха. Возможно, что именно эта особенность полярного равновесия является одной из причин тех периодических оледенений, которые неоднократно переживала Земля на протяжении последних нескольких миллионов лет.

**Накопление углекислого газа, а также так называемых парниковых газов в атмосфере — одна из основных причин парникового эффекта, возрастающего от разогревания Земли лучами Солнца.**

Исходя из положения, что глобальное потепление действительно имеет место, резонно поставить вопрос о его причинах. Сказать, что современная наука не может объяснить это явление, было бы не совсем верно. Скорее, загвоздка в том, что она может истолковать его слишком большим числом способов, и на сегодняшний день совершенно непонятно, какому из них следует отдать предпочтение. Самая ходовая гипотеза, объясняющая все происходящее, связывает изменение климата с так называемым парниковым эффектом, то есть различной степенью прозрачности земной атмосферы для видимого и инфракрасного излучения.

Какие же причины вызывают это потепление?

Максимум спектра солнечного излучения, как известно, приходится на видимый диапазон. Это излучение почти беспрепятственно проходит через земную атмосферу, если только в ней нет облаков. Попадая на земную поверхность или в воду, фотоны частично поглощаются, отдавая свою энергию, и частично рассеиваются — отражаются в произвольном направлении в виде длинноволнового инфракрасного излучения. В глобальном масштабе, содержащиеся в воздухе «парниковые газы» играют ту же роль, что и стекло в парнике, не пропуская длинноволновое излучения в космос и тем самым дополнительно разогревая поверхность нашей планеты.

Одним из главных по значению парниковым газом является водяной пар, за ним следует углекислый газ, метан, фреоны, закись азота.

Основным источником углекислого газа антропогенного происхождения является сжигание ископаемого топлива (уголь, нефть, горючие сланцы, торф, дрова). По оценкам экспертов ЮНЕСКО, доли некоторых стран в глобальном выбросе углекислого газа таковы: США — 24%, Россия и Китай — 11%, Германия и Япония по 5%. В последние десятилетия стало отмечаться постепенное возрастание в атмосфере содержания метана -  $\text{CH}_4$  (в среднем 1% в год). Это связано как с природными факторами (метан, как известно, - болотный газ; стоит поворошить палкой дно болотистого водоема, как видны пузырьки газа, это метан), так и с антропогенными причинами (сжигание

биомассы, выращивание риса на полях, отходы от содержания крупного рогатого скота). Например, установлено, что рисовые поля поставляют в атмосферу метана в 8-10 раз больше, чем сельхозугодья США и Европы. Но максимальное количество метана выделяет крупный рогатый скот (74% от всех видов животных), овцы и козы около 13%, поэтому уже сейчас в высокоразвитых странах применяют ингибиторы, которые существенно снижают выброс этого газа в атмосферу. Газы фреоны или фторхлоруглероды были синтезированы человеком и активно начали применяться в производстве с 50-х годов. Концентрация закиси азота с начала века выросла на 20% в связи с применением азотных удобрений.

Как показывают измерения, концентрация  $\text{CO}_2$  основного парникового газа в земной атмосфере, повысилась за последние сто лет на 26% и сейчас каждый год увеличивается на полпроцента. Причем соответствующего роста совокупной биомассы зеленых растений, питающихся углекислым газом, почему-то не наблюдается.

Казалось бы, нет ничего более естественного, чем увязать глобальное потепление с ростом концентрации углекислого газа в атмосфере, а этот рост — со сжиганием ископаемого топлива. При таком объяснении звенья выстраиваются в одну цепь, да еще и сразу становится понятно, что надо делать — сокращать выбросы  $\text{CO}_2$ , а значит, отказываться от использования угля, нефти и газа.

На III Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата в г. Киото (Япония, 11 декабря 1997 г.) был принят **Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата**, в котором были определены некоторые количественные обязательства по сокращению выбросов парниковых газов для стран - сторон протокола. Эти страны - по отдельности или совместно - должны сократить совокупные выбросы парниковых газов в эквиваленте  $\text{CO}_2$  - на 5% от уровня 1990 г. в период действия обязательств (с 2008 по 2012 гг.).

В рамках Киотского протокола были предложены три механизма, позволяющие достичь необходимого сокращения выбросов парниковых газов с наименьшими затратами.

1. Развитые страны и страны с переходной экономикой вправе совместно осуществлять проекты по снижению выбросов парниковых газов в атмосферу на территории одной из стран, а затем «делить» произведенный эффект, т.е. передавать друг другу полученные «единицы снижения выбросов». Такие проекты получили название *проектов совместного осуществления*.

2. Для сотрудничества с развивающимися странами предусмотрен в целом сходный механизм осуществления совместных проектов, который называется *механизмом чистого развития*. Проекты по сокращению выбросов парниковых газов в рамках действия этого механизма осуществляются развитыми странами и странами с переходной экономикой, включенными в Приложение I к РКИК.

3. Третий механизм снижения выбросов парниковых газов, предусмотренный Киотским протоколом, это *механизм торговли квотами на выбросы*. (Квоты на выбросы - это допустимые в рамках Киотского протокола ежегодные объемы выбросов парниковых газов, утверждаемые для каждой страны, являющейся стороной протокола). Такой механизм

позволяет одной стороне протокола, которая не израсходовала квоту разрешенных ей выбросов, переуступить или продать излишек другой стороне, исчерпавшей свою квоту.

Таким образом, Киотским протоколом заложен рыночный стимул снижения выбросов парниковых газов. С одной стороны, возможность торговли достигнутыми сокращениями выбросов выгоден для обеих сторон, участвующих в сделке. С другой стороны, механизм торговли квотами, побуждающий страны и компании к созданию запаса квот на продажу, станет не только способствовать росту конкуренции между ними, но объективно будет способствовать поиску наиболее эффективных, надежных и дешевых методов снижения выбросов парниковых газов.

Киотский протокол вступил в силу 16 февраля 2005 г.

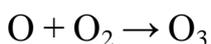
Республика Беларусь подписала Рамочную конвенцию ООН об изменении климата (РКИК) 11 июня 1992 г. и ратифицировала ее 11 мая 2000г., став полноправной ее стороной.

Но если при подготовке Киотского протокола ситуация казалась вполне ясной, то к моменту вступления его в силу, в 2005 году, сомнения в научной обоснованности предлагаемых в нем мер стали общим местом в высказываниях климатологов. Оказывается, пока нельзя уверенно утверждать, что наблюдаемые изменения действительно связаны с деятельностью человека. Вполне возможно, что, принимая на себя вину за глобальное потепление, правительства вместо поиска истины идут по пути самооговора, к которому их активно склоняют экологи. Люди, не имея достоверных данных о том, что повышение уровня  $\text{CO}_2$  в атмосфере носит техногенный характер, тем не менее готовы принять на себя весьма обременительные обязательства по сокращению его выбросов.

## 9.6. Состояние озонового экрана

**Озон – это трехатомная форма молекулярного кислорода ( $\text{O}_3$ ).** Он образуется в верхних слоях атмосферы – стратосфере до высоты 100 км. Нижняя граница слоя атмосферы, где образуется озон, находится на высоте 10–15 км, а верхняя – на высоте около 50 км. Этот слой называется озоносферой. Максимум концентрации молекул озона располагается примерно в 25–30 км от поверхности Земли. Озон, образующийся выше 8–12 км, часто называют стратосферным озоном, чтобы отличить его от тропосферного озона, который образуется в результате других процессов в приземном слое атмосферы. Озоновая оболочка очень невелика. Если ее гипотетически сжать при нормальном атмосферном давлении, то получится слой толщиной всего 2мм, но без него жизнь на нашей планете была бы невозможной.

Озон в стратосфере является продуктом воздействия солнечного ультрафиолетового излучения (УФ-излучение) на молекулы кислорода ( $\text{O}_2$ ). В результате некоторые из них распадаются на свободные атомы, а те в свою очередь могут присоединяться к другим молекулам кислорода с образованием озона ( $\text{O}_3$ ):



Стратосферный озоновый слой защищает людей и живую природу от жесткого ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения в ультрафиолетовой части солнечного спектра. Озоносфера почти полностью поглощает губительные для всего живого ультрафиолетовые лучи Солнца. Установлено, что каждый потерянный процент озона в масштабах планеты вызывает до 150 тыс. дополнительных случаев слепоты из-за катаракты, на 2,6 % увеличивается число раковых заболеваний кожи. Жесткое ультрафиолетовое облучение подавляет иммунную систему организма. Кроме того, рост интенсивности ультрафиолетового излучения может привести к снижению урожайности с/х культур и гибели фитопланктона в океане.

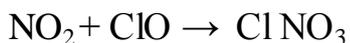
**Озоновая дыра — это значительное пространство в озоносфере с пониженным до 50% содержанием озона.**

Сегодня принято все аномалии озона относить к «озоновым дырам», если дефицит озона превышает 30%.

Это явление лишь часть сложной экологической проблемы, истощения озонового слоя Земли. В октябре 1985 г. появилось сообщение о том, что концентрация озона в атмосфере над английской антарктической станцией Халли-Бей в Антарктиде уменьшилась на 40% это явление тогда и получило название озоновой дыры. Весной 1987 г. озоновая дыра над Антарктидой достигла своего максимума и заняла площадь около 7 млн. км<sup>2</sup>. Это явление повторилось в 1992 г. над Антарктидой и некоторыми территориями Южной Америки (особенно в Аргентине и Чили). Аналогичная озоновая дыра в 1986 г. была отмечена в Арктике, но ее размеры были в 2 раза меньше, чем над Антарктидой. В 1993 г. здесь также было отмечено снижение концентрации озонового слоя на 10-40% от среднегодовой нормы. Своеобразные мини дыры фиксировались позднее над северными районами Скандинавии и Канады.

В 1974 г. М. Молина и Ш. Роулэнд из Калифорнийского университета показали, что искусственно синтезированные хлорфторуглероды (фреоны) могут вызывать нарушение озона. Начиная с этого времени, техногенная концепция разрушения озонового слоя фреонами стала основной при объяснении феномена озоновых дыр. Фреоны широко применяются в производстве и быту в качестве хладагентов, различного рода пенообразователей, растворителей в аэрозольных упаковках. Это оказались химически нейтральные соединения, которые не оказывают воздействие на живые организмы, поэтому они начали так широко применяться. Однако, поднимаясь в верхние слои атмосферы, они подвергаются фотохимическому разложению (хлорный каталитический цикл) с образованием окиси хлора, которая в свою очередь интенсивно разрушает озон. В настоящее время содержание фреонов в 4-5 раз превышает естественный фон.

Почему озоновые дыры регистрируются в районе полюсов? Наличие в атмосфере диоксида азота  $\text{NO}_2$  несколько сдерживает работу хлорного каталитического цикла:



Получающийся в результате этой реакции нитрат хлора является неактивным по отношению к хлору. В условиях Арктики и Антарктики пары воды и  $\text{NO}_2$  замерзают, образуя полярные стратосферные облака и каталитическому циклу с участием Cl уже ничего не мешает, кроме этого в условиях полярной ночи не происходит образование озона естественным путем.

Установлено, что выбросы сверхзвуковых самолетов и космических кораблей, тоже могут привести к разрушению примерно 10% озонового слоя атмосферы. Например, только один запуск космического корабля типа Шаттл приводит к «гашению» не менее 10 млн. тонн озона. В Токио в 1995 году был опубликован доклад международной экологической организации, в котором была сделана попытка установить авторство «озоновых» дыр. В списке оказались 25 стран, но бесспорный авторитет принадлежит США, Японии и Великобритании. Признано, что из всех промышленных корпораций самый большой вред озоновому слою (примерно 13,7% повреждений) нанесла американская компания «Дюпон». В 1987 г. был подписан Монреальский протокол, согласно которому страны производители фреонов обязались существенно сократить его производство.

Для сохранения озонового пояса Земли существуют пассивные методы (уменьшение выбросов в атмосферу фреонов, замена их экологически безопасными веществами), так и активные: химическое воздействие на стратосферу в районе озоновых дыр с применением газов пропана и этана, которые связывают атомарный хлор, разрушающий озон; электромагнитное излучение, электрические разряды, лазерное излучение способствующие образованию озона.

**Однако фреоновая модель разрушения озонового слоя несет в себе немало противоречий**, как скрытых, так и явных. Например, с позиций техногенно-фреоновой концепции необъяснима удаленность озоновых дыр от промышленных центров. Минимальные концентрации озона зафиксированы над Антарктидой, тогда как более 90% населения Земли сосредоточено в Северном полушарии. Сам подъем фреонов, наиболее легкий из которых в четыре раза тяжелее воздуха, от земной поверхности до стратосферы (слоя озона) также представляет определенную проблему. Эти соображения можно подтвердить хотя бы тем, что пока ядерные испытания проводились только в Северном полушарии, в атмосфере Южного их продуктов почти не отмечалось. И если основные объемы техногенного газа – ацетилена – выбрасываются в атмосферу в Северном полушарии, то здесь он в основном и содержится.

### Вопросы для повторения

1. Перечислите глобальные экологические проблемы.
2. Дайте определение экологического кризиса и назовите его стадии.
3. Дайте характеристику загрязняющим веществам биосферы и приведите их классификацию.
4. Охарактеризуйте антропогенное воздействие на атмосферу.
5. Дайте оценку современному состоянию климата Земли на основе теории «парникового эффекта»
6. Перечислите проблемы устойчивости озоносферы.

## ГЛАВА 10. ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ.

### 10.1. Охрана флоры и фауны

Человек заботился об охране живой природы еще во времена ранних цивилизаций. В Древнем Вавилоне царь Хаммурапи (1792-1750 гг. до н.э.) издал закон об охране лесов – первый из известных законов об охране природы. В Древней Индии император Ашоки (240 г. до н.э.) издал Эдикт, запрещающий убивать беременных самок и зверей моложе полугода, с приложением первого списка охраняемых животных (зверей, птиц, рыб).

За очень короткое в геологическом масштабе время человечество вырубало, сожгло, распахало, застроило и уничтожило более 2/3 площадей лесов, которые покрывали нашу планету в момент появления на ней человека. Изменения растительности вначале были невелики, так как нарушенные луговые и лесные экосистемы достаточно быстро восстанавливались. Самые существенные и заметные сдвиги в природных комплексах произошли в результате интенсивного развития промышленности и крупномасштабного сельскохозяйственного освоения земель. Практически все естественные экосистемы сменились искусственными, созданными человеком для своих нужд. Всего лишь два-три столетия понадобилось людям, чтобы довести природу до грани истощения.

Быстрое оскудение флоры и фауны стало очевидным для ученых во многих странах мира еще в начале XX века. Но охраной и планированием разумного использования природных богатств, в том числе и дикой фауны, люди могли заняться лишь после Второй мировой войны. С целью охраны животного и растительного мира по инициативе ЮНЕСКО в 1948 году был создан международный союз по охране природы и природных ресурсов (МСОП). К середине 2005 г. он объединял 82 государства, 111 правительственных и 800 неправительственных организаций, а также около

10 тыс. ученых из 181 стран мира. МСОП содействует сотрудничеству между правительствами, национальными и международными организациями, занимающимися вопросами охраны природы, подготавливает проекты международных конвенций и соглашений, разрабатывает и распространяет новейшие научные и технические достижения и широко пропагандирует идеи охраны природы. Для осуществления конкретных мер в МСОП создан ряд комиссий: охраны редких, исчезающих видов животных и растений; национальных парков и других охраняемых территорий; планирования ландшафтов; природоохранного просвещения, экологии и т.п.

В сохранении видов и популяций живых организмов непосредственно в местах их обитаний успешно развиваются ныне две основные формы:

- 1) развитие сети охраняемых территорий
- 2) охрана видов на преобразованных деятельностью человека природных территориях.

Особо охраняемые природные территории являются ключевым звеном в организации охраны большого числа видов животных и растений. Их площадь постоянно растет, однако приходится помнить, что подавляющее их большинство не в состоянии обеспечить жизненное пространство для многих видов, особенно для крупных животных. Из этого положения должен быть сделан один существенный вывод: если мы хотим сохранить в наших заповедниках, национальных парках на длительный срок крупных редких животных, необходимо разработать и осуществлять специальные мероприятия по поддержанию их популяций в жизнеспособном состоянии.

Таковыми мероприятиями могут быть обмен генетическим материалом между охраняемыми территориями, снижение пресса естественного отбора в первые годы жизни, создание так называемых буферных зон вокруг этих территорий. Это означает, что в ряде случаев все-таки возможно вмешиваться в жизнь животных в заповедниках и национальных парках, не пытаясь оставлять их нетронутыми, как эталоны неизменной природы. Впрочем, в связи с нарастающим антропогенным прессом на всю биосферу чистых эталонных зон уже практически не существует.

И еще один важный момент. Даже при самых благоприятных условиях охраняемые территории не могут составлять более 10-15 % от всей площади. В настоящее время в Беларуси они занимают немногим более 8% территории. Поэтому первостепенным по важности становится второе направление – возможность сосуществования живой природы и человека на одной территории, бок о бок.

Здесь существуют разнообразные и обычно недостаточно оцениваемые обнадеживающие тенденции. Они связаны в первую очередь с экологизацией всей жизни общества.

■ резкое сокращение добычи редких и исчезающих видов растений и животных;

- разработка путей борьбы с загрязнением окружающей среды и в частности путей и способов биodeградации загрязнителей;

- разведение в контролируемых условиях (в ботанических садах Канберры и Претории содержится около 25% местной флоры, в Индонезии и Бразилии содержатся питомники приматов), инкубация икры рыб и зарыбление молодью естественных водоемов и т.п.;

- создание центров реабилитации, где оказывают помощь пострадавшим и раненым животным;

- экологическая инженерия - разработка проектов по ренатурализации, акклиматизации и сохранении растений и животных. Например, атлантический лосось, который исчез из р. Рейн начале 70-х годов XX века и успешно был натурализован в 1983 г. А в 1900 г. только голландские рыбаки выловили из Рейна (река 5 государств) 200 тыс. кг лосося. *(В то время, нанимаясь на работу в дома, расположенные вблизи Рейна, горничные ставили условие: при столновании блюда из лосося должны подаваться не более 2 раз в неделю).*

Как ни опасно и даже трагично порой антропогенное воздействие для живой природы, человек способен восстанавливать численность живых организмов, поставленных на грань вымирания. В подавляющем большинстве случаев численность видов восстанавливалась после специальных мер, предпринятых человеком. Все эти и многие подобные факты вселяют уверенность в целесообразности и эффективности активных действий по восстановлению численности редких видов.

Число подобных примеров достаточно велико:

- *Европейский бобр* - начальная численность (до начала подавляющего антропогенного воздействия) - **сотни тысяч** – минимальная (20-е годы) – **около 700** – современная – **около 200 тысяч**: главные факторы восстановления численности – запрет промысла, организация заповедников, реакклиматизация (расселение).

- *Зубр* - начальная численность – **десятки тысяч** - минимальная (1948 г.) – **48 экз.** - современная – **около 2000 тысяч**: главные факторы восстановления численности – организация заповедников, заказников, запрет охоты, организация центров размножения и акклиматизации.

- *Бизон* - начальная численность – **несколько миллионов** - минимальная (1883 г.) – **20 экз.** - современная – **около 20 000 тысяч**: главные факторы восстановления численности – запрет охоты, охрана в национальных парках, реакклиматизация.

- *Амурский тигр* - начальная численность – **несколько сот** - минимальная (1935 г.) – **30 экз.** - современная – **около 200**: главные факторы восстановления численности – запрет охоты, организация заповедников.

- *Белый журавль* (США) - начальная численность – **несколько тысяч** - минимальная (1948 г., Штат Техас) – **14 экз.** - современная – **около 500**: главные факторы восстановления численности – организация национальных парков, запрет охоты, организация центров размножения и акклиматизации.

- *Северный морской слон* (США, Мексика) - начальная численность – **сотни тысяч** - минимальная (1890 г.) – **20 экз.** - современная – **более 100 тысяч**: главные факторы восстановления численности – запрет охоты, охрана мест размножения.

■ Южный белый носорог (ЮАР) - начальная численность – десятки тысяч - минимальная (1900 г.) – 10 экз.- современная – более 3000 тысяч: главные факторы восстановления численности – запрет охоты, размножение в неволе, реакклиматизация, организация национальных парков и резерватов.

Существует основополагающее правило охраны природы - **правило меры преобразования природных систем: в ходе эксплуатации природных систем нельзя переходить некоторые пределы, позволяющие этим системам сохранять свойства самоподдержания (саморегуляции).**

Наиболее общим принципом охраны природы можно считать **закон «шагреновой кожи»**: *глобальный исходный природно-ресурсный материал в ходе исторического развития непрерывно истощается*. Человечество в отличие от любого вида живых организмов живет не только за счет возобновляемых ресурсов, но и за счет их невозможного и незаменимого их запаса, к тому же чем дольше, тем в большей степени. **Скорость сжимания природной шагреновой кожи прямо зависит от числа людей «проедающих» ее**. Вопреки всем данным науки некоторые люди свято верят в безотходное производство. В любом хозяйственном цикле, образуются отходы и возникающие побочные эффекты неустранимы, они могут быть лишь переведены из одной формы в другую или перемещены в пространстве. Если бы была реальная возможность избавиться от отходов, то не действовал бы закон сохранения массы и энергии (перевод на солнечные батареи и т.д). Проблема может быть решена только снижением давления общества на среду жизни, через депопуляцию. Чем рачительнее подход к природным ресурсам и среде обитания, тем меньше вложений необходимо для успешного развития. В связи с этим принципиальное положение или **основополагающий природоохранный принцип: экологичное всегда экономично**. Там где это не так природно-ресурсный потенциал быстро истощается, а результативность хозяйства падает.

Определенный интерес в деле охраны природы представляют взгляды известного эколога Поля Эрлиха который пишет: «Во всей картине развития жизни на нашей планете доминирует один факт — быстрый рост популяции одного из видов, человека разумного, сопровождающийся увеличением среднего материального достатка индивидуума. В результате этот вид потребляет большую и быстрорастущую часть природных ресурсов Земли и осуществляет эскалацию своей атаки на жизнеобеспечивающие системы планеты. В связи с растущим воздействием человека на биосферу необходимо подчеркнуть три главных момента:

1). Если эти тенденции не будут повернуты вспять, то самое большое, чего может достичь природоохранное движение, даже при самой изобретательной технике, это некоторое отдаление печального конца, происходящего сейчас биотического Армагеддона.

2). Без коренных изменений в социально-политических и особенно экономических системах, преобладающих в современном обществе, эти тенденции не будут повернуты вспять.

3). Нетривиальным последствием необратимости упомянутых тенденций будет исчезновение той цивилизации, которую мы знаем.

Значит ли это, что охрана природы — проигранное дело? Является ли разрушение основной части земной биоты уже неизбежным в силу инерции демографического взрыва и вообще наших социально-экономических систем. Должны ли мы сдаться? Я думаю, что все-таки нет и хочу предложить новую стратегию, основанную на пяти принципах, которые можно назвать железными законами» (Эрлих, 1983):

*1). В охране природы возможны только успешная оборона или отступление. Наступление невозможно; вид или экосистема, однажды уничтоженные, не могут быть восстановлены.*

Первый закон самоочевиден. Даже если бы было возможным восстановить экосистему с точно таким же видовым составом, какой был раньше, она неизбежно стала бы эволюционировать по-иному, так как генетическая структура, слагающих ее популяций будет уже иной.

*2). Продолжающийся рост народонаселения и охрана природы принципиально противоречат друг другу.*

С одной стороны экономический рост населения дает дополнительные рабочие руки, что очень выгодно при экстенсивном росте общественного прогресса, но с другой стороны рост людности превращается в угрозу для человечества. Т.Мальтус с учетом того, что его идеи были высказаны в XVIII веке в принципе оказался прав и это следует откровенно признать.

*3). Экономическая система, охваченная манией роста, и охрана природы тоже принципиально противостоят друг другу.*

Стремление к гигантизму буквально генетически заложено в психологии людей. Вероятно, на определенном этапе экономического и социального развития он оправдан, но еще и еще раз приходится повторять, что гигантизм всегда есть начало конца. **Закон оптимальности** неумолим — **все грандиозное чрезвычайно уязвимо**. Отрицательный количественный рост должен компенсироваться качественным усовершенствованием. Девиз — **малое, но совершенное, функционально большое, но при меньшем размере — неминуемо должен стать основополагающим**.

*4). Не только для всех других живых организмов, но и для человечества смертельно опасно представление о том, что при выработке решений об использовании Земли надо принимать во внимание одни лишь ближайши́е цели и немедленное благо Homo sapiens.*

Монокультура человечества столь же опасна, как и любая другая.

*5). Аргументы об эстетической ценности различных форм жизни, о том интересе, которые они представляют сами по себе, в основном попадают в уши к глухим. Охрана природы должна считаться вопросом благосостояния и в более далекой перспективе — выживания человека.*

Вместе с тем сохранить все и вся совершенно ясно невозможно. Воевать против технического прогресса так же нелепо как Дон-Кихоту сражаться с ветряными мельницами. Однако все хорошо в меру. **Правило меры преобразования природных систем** принцип разумной достаточности и допустимого риска: расширение любого действия человека не должно приводить к экономическим и экологическим катастрофам — вопрос в том как найти такую меру?

## 10.2. Красная книга

Катастрофическое снижение видового разнообразия растений и животных на нашей планете явилось причиной принятия срочных мер по их охране, поддержанию численности и воспроизводству. В организационной структуре МСОП (международный союз по охране природы и природных ресурсов) в 1949 году была создана специальная комиссия по оценке состояния и определения опасности, нависшей над живой природой, и в первую очередь над высшими позвоночными животными и высшими сосудистыми растениями. «Комиссия службы выживания», таково ее буквальное название в переводе с английского. В литературе и обиходной речи она часто называется «Комиссией по редким и исчезающим видам». В результате ее многолетней работы в 1963 году впервые появился реестр редких и исчезающих видов диких растений и животных. Он требовал простого и запоминающегося названия, которое предложил председатель комиссии Питер Скотт, сын выдающегося полярного исследователя капитана Роберта Скотта, погибшего при исследовании Южного полюса. Реестр назвали *Red Date Book*, т.е. Красная книга фактов. В дальнейшем ее название упростилось — Красная Книга.

Первую Красную книгу решено было издать как перекидной календарь — в виде скрепленных листов. Каждому виду, занесенному в нее, отводился отдельный лист с описанием систематического положения, прошлого и современного распространения, общей численности, основных сведений об образе жизни, причинах сокращения численности, характеристики охранных мероприятий. Сведения о видах, находящихся под угрозой исчезновения, приводились на красных листах, чтобы подчеркнуть их бедственное положение, об остальных — на белых.

В 1973 году МСОП опубликовал подробный «черный список» (безвозвратные потери), который печально констатировал, что с 1600 года мать-Земля по вине своего самого разумного сына — человека потеряла навсегда 94 вида птиц и 63 вида млекопитающих. Но до 1600 года в Европе, например, человек еще 100 тыс. лет назад в какой-то степени способствовал исчезновению лесных слонов, лесных носорогов, позднее гигантского оленя, шерстистого носорога и мамонта. В северной Америке около 3000 тыс. лет назад люди были причастны к исчезновению гигантской ламы, чернозубой кошки, большой хищной птицы тераторн, массой более 20 кг. К сожалению, до 1600 года не было научных описаний, подтвержденных документально шкурами или черепами исчезнувших животных. Поэтому 1600 год выбран как дата, начиная с которой можно говорить об определенном виде животного и проследить его судьбу.

Издание Красной Книги МСОП послужило методологической основой к подготовке таких книг в отдельных странах.

**Красная книга Беларуси** является основным научным документом, где определено современное состояние редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений.

Это систематизированный перечень редких и исчезающих видов животных и растений с описанием: распространения, основных местообитаний (для растений произрастаний), численности, сведения об образе жизни, принятые и необходимые меры охраны, воспроизводства, источники информации и иллюстрации

Первое издание Красной Книги Беларуси вышло в 1981 году. В это издание было включено 80 видов животных и 85 видов растений. Во второе издание 1993г было уже включено 182 вида животных и 180 видов растений, но в тоже время исключено 2 вида животных и 10 видов растений. Третье издание Красной Книги вышло: отдельно том «Животные» в 2004г – 189 видов и том «Растения» в 2005г. – 274 вида (табл. 10.2.1).

Таблица 10.2.1. Виды растений и животных, занесенных в Красную Книгу Беларуси.

Таксон	Издание		
	1-е	2-е	3-е
<b>Растения</b>			
Высшие растения	85	156	173
Мохообразные	-	15	27
Грибы	-	17	29
Лишайники	-	17	24
Водоросли	-	9	21
<b>ВСЕГО</b>	<b>85</b>	<b>214</b>	<b>274</b>
<b>Животные</b>			
Млекопитающие	10	14	17
Птицы	45	75	72
Пресмыкающиеся	2	2	2
Земноводные	1	1	2
Круглоротые (миноги)	-	-	1
Рыбы	7	5	10
Моллюски	1	1	2
Насекомые	9	78	70
Многоножки	-	1	1
Паукообразные	-	-	1
Ракообразные	5	5	10
Пиявки	-	-	1
<b>ВСЕГО</b>	<b>80</b>	<b>182</b>	<b>189</b>

Все виды животных и растений в Красной Книге разделены на 4 категории, согласно Новой версии 3.1 категорий и критериев МСОП, принятой Советом МСОП в 2000г:

- **I категория (CR – критически угрожаемые)** – (*виды, находящиеся под глобальной угрозой исчезновения*) наивысшей национальной природоохранной значимости, включает таксоны, имеющие очень низкую или быстро сокращающуюся численность, спасение которых невозможно без специальных мер (страна несет ответственность за сохранение значительной доли от глобальной или европейской популяции).

Среди животных, занесенных в Красную Книгу Беларуси по этой категории: европейская норка, беркут, орел-карлик, атлантический лосось (семга), стерлядь. Из растений этой категории можно указать: ятрышник шлемоносный, лобелия Дортмана, валериана двудомная, пихта белая.

- **II категория (EN –исчезающие, угрожаемые)** – (*виды, находящиеся под критической угрозой исчезновения*) включает таксоны, имеющие низкую численность и тенденцию к неуклонному сокращению численности или ареала и прогнозируемое в ближайшее будущее ухудшение их статуса.

Среди животных это: европейский зубр, бурый медведь, орлан-белохвост, филин, белая куропатка, гребенчатый тритон, европейский хариус, жук-олень. Из представителей растительного мира в эту категорию попали: ятрышник мужской, плющ обыкновенный, береза карликовая, дуб скальный, кубышка малая. Из грибов: трюфель шелковистый, трутовик розовый.

- **III категория (VU-уязвимые)** – (*уязвимые виды*) включает таксоны не находящиеся под прямой угрозой исчезновения, но подверженные риску вымирания, делающие их уязвимыми при любых даже незначительных изменениях окружающей среды.

Из животных к данной категории относится: барсук, соня-полчок, белка-летяга, летучие мыши – малая вечерница и северный кожанок, большая белая цапля, серый журавль, черный аист, болотная черепаха, широкопалый рак, медицинская пиявка. Из растений это: медвежий лук (черемша), колокольчик сибирский, кадило сарматское, водяной орех, кувшинка белая. Из грибов: лисичка серая, лишайник – лобария легочная.

- **IV категория (NT-близкие к угрожаемым, потенциально уязвимые)** – (*виды, близкие к первым трем*) включает таксоны имеющие неблагоприятные тенденции на окружающих территориях или зависимые от осуществляемых мер охраны.

Из животных в данную категорию вошли: серый гусь, белоспинный дятел, усатая синица, воробьиный сыч, европейская корюшка (снеток), европейская ряпушка, решетчатая и фиолетовые жужелицы.

Полагают, что само создание Красной Книги уже решило проблему: жить или не жить диким животным, которые в нее включены. Но это не так. Красная книга — сигнал тревоги и свод данных, характеризующих положение с видами животных и растений, попавших в беду. Она дает также

краткие рекомендации по их возрождению и хотя-бы дальнейшему сохранению в неволе. Красная Книга в первую очередь является справочным пособием и адресована специалистам, работающим в области экологии и охраны природы. Ощутимый эффект от Красной Книги определяется не ее созданием, а воплощением в жизнь тех идей и положений, на которых она “сконструирована”, для практического использования.

### 10.3. Система особо охраняемых природных территорий

**Особо охраняемые природные территории** - участки земли (включая атмосферный воздух над ними и недра) с уникальными, эталонными или иными ценными природными комплексами и объектами, имеющими особое экологическое, научное, историко-культурное, эстетическое и иное значение, изъятые полностью или частично из хозяйственного оборота, в отношении которых установлен особый режим охраны и использования

Основной целью объявления территорий особо охраняемыми природными территориями является сохранение биологического и ландшафтного разнообразия.

Необходимость организации крупных природоохранных территорий для сохранения неповторимых природных ландшафтов стала очевидной уже в середине XIX века. Пораженные результатами невиданного расхищения природных богатств ученые и общественные деятели США уже в конце XIX - начале XX века создали движение за охрану природы, а в 1872г был создан первый в мире национальный парк — Йеллоустонский. Он занимает площадь в 898 тыс. га и располагается в зоне хвойных лесов. На территории парка находится знаменитая долина гейзеров, которая включает около 10 000 выходов термальных вод. В это же время был принят ряд законов регулирующих использование государственных земель, впервые проведены учеты природных ресурсов.

Справедливости ради необходимо отметить, что старейшая охраняемая территория мира находится в Европе. Это национальный парк «Беловежская пуша». В 1538 г. польский король Сигизмунд I учредил на территории пуши строго охраняемый охотничий заказник.

В настоящее время общепринятой классификации особо охраняемых территорий не существует. Такие территории исключаются из традиционного хозяйственного использования (рубка леса, осушение болот и распашка земель для ведения сельского хозяйства, выпас скота и т.п.). В опубликованной в 1978 г. «Мировой стратегии охраны природы» говорится, что в настоящее время почти каждый природный объект – большинство видов растений и животных (или хотя бы отдельные их популяции в разных

частях ареалов), биоценозов, экосистем и ландшафтов нуждается в той или иной степени охраны.

Экологическую направленность имеет классификация предложенная Н.Ф.Реймерсом и Ф.Р.Штильмарком (1978), согласно которой сугубо природные и в различной степени подверженные антропогенному воздействию территории подразделяются на три большие группы:

- заповедно-эталонные;
- средообразующие и ресурсоохранные;
- территории музейного типа.

Первая группа включает заповедники и резерваты как саморегулирующие (биосферные), так и с искусственной регуляцией. Ко второй группе относятся природные (заказники охранные леса и т.п.), антропоэкологические (природные парки, зеленые и курортные зоны) и объектоохранные (инженерные) территории. Третья группа включает комплексные (национальные парки), отраслевые (ботанические сады и т.п.), точечные (памятники природы территории музейного типа, а также архитектурно-природные и этнические памятники садово-паркового искусства).

В настоящее время наиболее распространена классификация охраняемых территорий по степени строгости заповедного режима. Сюда относят следующие категории:

**1. Заповедники** - территории, объявленные с целью сохранения в естественном состоянии природных комплексов и объектов, изучения генетического фонда животного и растительного мира, типичных и уникальных экологических систем и ландшафтов, создания условий для обеспечения естественного течения природных процессов.

**Заповедник – особо охраняемая территория, полностью исключенная из любой хозяйственной деятельности.**

На территории заповедника изымаются из хозяйственного оборота природные комплексы и объекты, имеющие особое природоохранное, научное, эколого-просветительское, социально-культурное и иное значение как образцы естественной природной среды, типичные или редкие ландшафты, места сохранения генетического фонда растительного и животного мира. Данная территория подчинена строгому режиму охраны, который запрещает всякую деятельность человека, не связанную с целью и назначением заповедника.

Основными задачами заповедников являются:

- обеспечение условий сохранения в естественном состоянии природных комплексов и объектов, находящихся на территории заповедника;
- организация выполнения природоохранных мероприятий и обеспечение соблюдения установленного режима охраны и использования;

- содействие проведению научно-исследовательских работ;
- организация мониторинга окружающей среды;
- содействие в подготовке научных кадров и специалистов в области охраны окружающей среды;
- экологическое просвещение населения и пропаганда дела охраны окружающей среды.

На специально выделенных участках заповедника, не включающих природные комплексы и объекты, ради сохранения которых создавался заповедник, допускается деятельность, которая направлена на обеспечение функционирования заповедника и жизнедеятельности граждан, проживающих на его территории.

2. **Национальные парки** - территории, объявленные с целью сохранения в естественном состоянии природных комплексов и объектов, восстановления нарушенных природных комплексов и объектов, имеющих особую экологическую, историко-культурную и эстетическую ценность, и устойчивого их использования в природоохранных, научных, просветительных, оздоровительных и рекреационных целях.

**Национальный парк – обширный участок территории, включающий охраняемые природные ландшафты, выделенный для охраны природы в оздоровительных, эстетических, научных и культурно-просветительских целях.**

Основными задачами национального парка, являются:

- сохранение в естественном состоянии эталонных и уникальных природных комплексов и объектов, находящихся на территории национального парка, а также биологического и ландшафтного разнообразия;
- сохранение и восстановление средообразующих, санитарно-гигиенических, оздоровительных, рекреационных и иных ценных качеств природных комплексов;
- содействие проведению научно-исследовательских работ;
- организация мониторинга окружающей среды;
- содействие в подготовке научных кадров и специалистов в области охраны окружающей среды;
- участие в разработке и внедрении научно обоснованных методов охраны природы и рационального природопользования;
- экологическое просвещение населения и пропаганда дела охраны окружающей среды;
- организация туризма, отдыха и иной рекреационной деятельности, а также оздоровления населения;
- сохранение объектов историко-культурного наследия;
- осуществление хозяйственной и иной деятельности в соответствии с установленным режимом охраны и использования национального парка.

В его границах выделяются следующие зоны:

- заповедная зона, предназначенная для сохранения в естественном состоянии природных комплексов и объектов, обеспечения условий их естественного развития, в границах которой запрещаются все виды деятельности, кроме проведения научных исследований и мероприятий по ее охране;

- зона регулируемого использования, предназначенная для сохранения природных комплексов и объектов, обеспечения условий их естественного развития и восстановления, в границах которой устанавливается режим охраны и использования, ограничивающий отдельные виды хозяйственной и иной деятельности и использование природных ресурсов;

- рекреационная зона, предназначенная для осуществления туризма, отдыха и оздоровления граждан, в границах которой устанавливается режим, обеспечивающий охрану и устойчивое использование рекреационных ресурсов;

- хозяйственная зона, предназначенная для обеспечения функционирования национального парка, в границах которой осуществляется хозяйственная и иная деятельность с использованием природоохранных технологий, не препятствующая сохранению особо охраняемых природных комплексов и объектов, туристических и рекреационных ресурсов.

**3. Заказники** - территории, объявленные с целью сохранения, воспроизводства и восстановления природных комплексов и объектов, природных ресурсов одного или нескольких видов в сочетании с ограниченным и согласованным использованием других природных ресурсов.

**Заказник – это участок территории, в пределах которого постоянно или временно запрещены отдельные формы хозяйственной деятельности человека.**

Основными задачами заказника являются:

- обеспечение условий сохранения в естественном состоянии природных комплексов и объектов, находящихся на территории заказника;

- организация выполнения природоохранных мероприятий;

В зависимости от особенностей природных комплексов и объектов, подлежащих особой охране, заказники подразделяются на следующие виды:

- ландшафтные или комплексные, предназначенные для сохранения и восстановления ценных природных ландшафтов и комплексов;

- биологические (ботанические, зоологические), предназначенные для сохранения и восстановления редких, исчезающих, а также ценных в экологическом, научном, хозяйственном и культурном отношении растений, животных или отдельных особо ценных участков леса;

- водно-болотные, предназначенные для сохранения водно-болотных угодий, имеющих особое значение главным образом в качестве мест обитания водоплавающих птиц, в том числе в период миграции;

- гидрологические (болотные, озерные, речные), предназначенные для сохранения и восстановления ценных водных объектов и связанных с ними экологических систем;

- геологические, предназначенные для сохранения ценных объектов или комплексов неживой природы;

- палеонтологические, предназначенные для сохранения ископаемых природных объектов и их комплексов.

В границах заказника с учетом специфики расположенных на его территории особо охраняемых природных комплексов и объектов положением о заказнике устанавливается единый или территориально дифференцированный режим его охраны и использования с ограничением отдельных видов деятельности и природопользования.

На территории заказника в зависимости от целей его объявления могут быть запрещены: распашка земель, отдельные виды лесопользования, охота и рыболовство, выпас скота, сенокошение, сбор ягод, плодов и цветов; добыча полезных ископаемых и производство других работ.

Отдельно следует остановиться на такой форме особо охраняемых территорий как «Рамсарские угодья». В Беларуси они имеют статус заказника.

В 1971 г. в городе Рамсар (Иран) была подписана Рамсарская конвенция («Конвенция о водно-болотных угодьях»), о территориях («Рамсарские угодья»), которые имеют международное значение, главным образом как места проживания водоплавающих птиц. Позднее конвенция расширила сферу деятельности и охватила все аспекты охраны и использования водно-болотных угодий, выделяя их в качестве экосистем, имеющих чрезмерную важность для сохранения биоразнообразия и поддержания общебиологического баланса. Беларусь присоединилась к Рамсарской конвенции в 1999 г., образовав первое Рамсарское угодье – заказник «Споровский» (Брестская область). Позднее такими территориями стали заказники «Средняя Припять» и «Ольманские болота» (Брестская обл. - бывший полигон стран Варшавского договора), где сохранились огромные нетронутые болотные массивы. В 2002 г. были образованы еще 3 «Рамсарских угодья»: заказники республиканского значения «Ельня», «Освейский» (Витебская обл.) и «Званец» - самое крупное низинное болото Европы (Брестская обл.).

**4. Памятники природы.** Памятниками природы объявляются уникальные, невозполнимые, ценные в экологическом, научном, историко-культурном и эстетическом отношении природные комплексы и объекты с занимаемой ими территорией с целью обеспечения условий сохранения уникальных, эталонных и иных ценных качеств, присущих данному природному комплексу или объекту, в интересах будущих поколений.

**Памятник природы – отдельные уникальные природные объекты, имеющие научное, историческое, культурно-эстетическое значение.**

Основными задачами памятников природы являются:

- обеспечение условий сохранения в естественном состоянии природных комплексов и объектов, находящихся на территории памятника природы;

- создание и сохранение в искусственных условиях коллекций объектов растительного мира (особенно редких и исчезающих), имеющих большое научное и культурно-просветительное значение;

- организация выполнения природоохранных мероприятий;

В зависимости от особенностей объекта охраны памятники природы подразделяются на следующие виды:

- ботанические (ботанические сады, парки, произведения садово-паркового искусства, участки леса с ценными древесными породами, отдельные вековые или редких пород деревьев, участки территории с реликтовой или особо ценной растительностью, места произрастания видов растений, находящихся под угрозой исчезновения и т.п.);
- гидрологические (озера, болота, участки рек с поймами, водохранилища и пруды, участки старинных каналов, родники и т.п.), предназначенные для сохранения и восстановления небольших по размерам ценных водных объектов;
- геологические (обнажение ледниковых отложений и коренных пород, характерные элементы рельефа, крупные валуны и их скопления, другие геологические объекты), предназначенные для сохранения небольших по размерам ценных объектов или комплексов неживой природы.

Любая деятельность, угрожающая сохранности памятника природы, запрещается.

Во многих странах мира существуют так называемые **резерваты природы**. По своему режиму и назначению они близки к заказникам. И разделяются по международной классификации на 28 категорий. В большинстве случаев они создаются на неопределенно длительный срок. Но есть и так называемые строгие резерваты, например в Финляндии (Лапландский резерват – места гнездовой многих водоплавающих птиц), где оберегается весь природный комплекс, куда не допускаются туристы. Эти резерваты по своему назначению близки к нашим заповедникам.

#### 10.4. Особо охраняемые территории мира и Беларуси

Национальные парки являются основной формой особо охраняемых территорий в мире. К концу XX века в мире насчитывалось более 2300 национальных парков. Из них в Европе было более 160.

Самая большая площадь, занимаемая национальными парками, приходится на Аляску (около 50% территории). Наиболее крупная охраняемая территория в этом регионе – национальный парк «Врангель-гора св. Ильи», созданный в 1978 г. На территории парка обитают баран Далла, олени карибу, медведи гризли и черный, россомахи и др. В долинах произрастают еловые и мелколиственные леса.

Самым крупным считается Гренландский национальный парк, организованный в 1975 г. и занимающий площадь более 7 млн. га. Это наиболее труднодоступная охраняемая территория планеты. Мало того, что он лежит на самом севере Гренландии, так он ещё и много лет закрыт для сторонних исследователей. ЮНЕСКО включила его в список биосферных заповедников всемирного значения. Парк имеет обширную зону реликтовой тундры, являющуюся родным домом для овцебыков, белых медведей, полярных волков и самых разнообразных форм арктических растений.

Мировую известность имеет старейший национальный парк, расположенный в США – Йеллоустонский. Он занимает территорию более 900 тыс. га. Парк расположен на высоте 2100 м над уровнем моря и окаймлен горами, наиболее высокие вершины, которых достигают 3400 м (г. Электрик). На территории парка находится около 10 тыс. термальных объектов, гейзеров, горячих ключей, грязевых вулканов. Жемчужиной парка называют один из самых величайших гейзеров планеты – Эквильсор. Его диаметр достигает 8-10 м, а столб горячей воды извергается до 100 м в высоту. В парке гнездится около 250 видов птиц, обитают: американский соболь и норка, олень вапити, бизон, медведь гризли, вилорогая антилопа и т.д.

В Канаде один из самых известнейших национальных парков – «Вуд-Буффало», организованный еще в 1922 г. Он занимает обширнейший район (4.5млн. га) лесов таежного комплекса и болот. В парке обитает большое количество самых разнообразных животных, в том числе гнездится редчайший вид птиц – белый журавль.

Крупнейшая охраняемая территория Африки - знаменитый национальный парк «Серенгети», расположенный в Танзании и занимающий площадь около 1,5 млн. га. На территории парка располагается плоскогорье с островными горами, реки бассейна оз. Виктория, участки болот и крупнейший биом саванны. Для парка характерно уникальнейшее сообщество мигрирующих травоядных и высокая численность хищников.

В Австралии получил известность национальный парк «Большая пустыня Виктория», занимающий площадь более 2,1 млн. га. Основные природные комплексы – эвкалиптовые и акациевые редколесья.

В Беларуси охраной природной среды стали заниматься только в 20 годы прошлого столетия. Природоохранная деятельность 20-30-х годов проводилась в основном на базе опытных лесных станций – Жорновской, Горецкой, Велятичской, которые в 1926 г. были объединены в Центральную лесную опытную станцию.

В настоящее время в Беларуси функционирует один биосферный заповедник и 4 национальных парка.

**Березинский биосферный заповедник** был образован в 1925 г. Его площадь составляет 85 149 га. В 1979 г. ему присвоен статус «биосферный». Здесь присутствуют четыре типа экосистем: леса, болота, водоёмы и луга, из которых занимают около 80% территории. Особый интерес представляют естественные лесные формации сосновых, черноольховых и пушистоберёзовых болотных лесов, существующих как обширные болотные массивы (от 10 до 20 тыс. га). Естественные болота заповедника занимают 43 000 га, что делает его одним из крупнейших болотных массивов в Европе.

К историческим достопримечательностям заповедника относятся древние славянские курганы, Березинская водная система (один из древних торговых

путей из «варяг в греки»), остатки каналов конца XIX века, места сражений Отечественной войны 1812 года.

**Биосферный заповедник – охраняемый, наиболее характерный, эталонный участок биосферы, созданный в определенной географической зоне Земли.**

Все биосферные заповедники мира проектируются по единой принципиальной схеме, обязательной для всех заповедников такого ранга. Структура биосферного заповедника включает три зоны:

1). В центре ядро заповедника, в котором охраняется биологическое разнообразие животных и растений. Это абсолютно заповедная зона, где запрещаются все виды хозяйственной деятельности и обеспечивается естественное развитие природных процессов;

2). Буферная зона, более широкая, которая формируется вокруг ядра. В ней частично разрешены те виды деятельности, которые совместимы с развитием природных устойчивых систем. Здесь ведется наблюдение за структурой и функционированием экосистемы, когда она подвергается различным видам антропогенного воздействия;

3). Охранная или переходная зона, которая формируется для снижения негативного влияния прилегающих хозяйственных территорий на природные комплексы заповедника. Режим ведения хозяйства в этой зоне согласуется с администрацией заповедника.

**Национальный парк «Беловежская пуца»** - пл. более 100 тыс. га. Образован в 1991 г., с 1939 до 1991 г. функционировал как – заповедно-охотничье хозяйство. Это неповторимый уникальный природный комплекс. Беловежская пуца располагается на стыке разных растительных зон. Первое упоминание о ней относится к IX в. Тогда гигантский лесной массив начинался от берегов Балтики и простирался далеко на юг. Нынешняя Беловежская пуца – лишь маленькая частица того огромного и как бы растаявшего за многие века лесного массива. Необычайное сочетание растений – представителей юга и севера, приморского и континентального климата – характерная черта растительности пуцы. Здесь же находится единственная плантация – пихты белой, редчайшего древесного растения, занесенного в Красную Книгу Беларуси по I категории. В 1992 г. решением ЮНЕСКО под номером 73 Государственный национальный парк «Беловежская пуца» включен в Список всемирного наследия человечества.

**Национальный парк «Припятский».** Образован в 1969 г. и функционировал как *Припятский ландшафтно-гидрологический заповедник* - пл. 65 056 га. В 1999 г. он преобразован в Национальный парк. Природные комплексы национального парка являются пойменной экосистемой, наиболее сохранившейся в естественном состоянии. Это уникальный комплекс пойменных дубрав, а также болотные сообщества (верховые, переходные и низинные), которые представляют собой остатки крупнейшего болотного

массива Европы, значительно сократившего свою площадь в связи с интенсивными мелиоративными работами.

**Национальный парк «Браславские озера»** - пл. 71 490 га. – 1995 г. Самыми привлекательными природными особенностями национального парка являются его рельеф и озера. Его территория представляет собой своеобразный природный комплекс с неповторимым сочетанием лесистых гряд, холмов, озер, заболоченных низин, малых рек и речных долин.

**Национальный парк «Нарочанский»** образован в 1999 г. Основной целью создания национального парка явилось сохранение уникального природного комплекса, включающего неповторимые холмистые ландшафты, Нарочанскую группу озер и бывший заказник «Голубые озера».

Таблица 10.4.1. Функциональные зоны национальных парков Беларуси.

Название парка	Предшествовавшие охраняемые территории и зоны отдыха	Функциональные зоны, %			
		Заповедная	Регулируемого использования	Рекреационная	Хозяйственная
Беловежская пуща	Заповедно-охотничье хозяйство «Беловежская пуща»	17,9	65,0	12,3	4,8
Браславские озера	Заказники: «Межозерный», «Заболотье», зона отдыха «Браслав»	3,8	41,3	17,6	37,3
Припятский	Припятский ландшафтно-гидрологический заповедник	35,5	52,3	0,7	11,5
Нарочанский	Заказники: «Голубые озера, Швакшты, Черемшица, Пасынки, Рудаково»; курорт «Нарочь»	13,1	86,1	0,6	0,2

Таблица 10.4.2. Особо охраняемые природные территории Беларуси (по состоянию на 2006)

Категория	Количество	Площадь, тыс.га
Заповедники	1	81
Национальные парки	4	316
Заказники	560	910
Рамсарские угодья	6	250
Памятники природы	900	17
<b>Итого:</b>	<b>1 471</b>	<b>1 575-8% от всей территории</b>

В таблице 10.4.1. представлена структура функциональных зон национальных парков. Самые большие площади в них занимают зоны регулируемого использования, затем идут строго заповедные территории и далее зоны, предназначенные для отдыха и хозяйственного использования.

По состоянию на 2006 год на территории Беларуси насчитывается 1471 (ООПТ), которые составили около 8% территории (табл. 10.4.2.).

### **Вопросы для повторения**

1. Перечислите основные направления охраны природы в 21 веке.
2. Назовите основополагающие принципы охраны окружающей среды
3. Расскажите об истории создания Красной Книги
4. Охарактеризуйте структуру Красной Книги Беларуси и ее назначение
5. Что представляет собой система особо охраняемых природных территорий. Каково их значение для сохранения биоресурсов.
6. Перечислите важнейшие охраняемые территории мира и Беларуси

## **ГЛАВА 11. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

### **11.1. Понятие топливно-энергетических ресурсов**

Энергия всегда играла и продолжает играть важную роль в жизнедеятельности человеческого общества. Все виды деятельности человека связаны с затратами энергии. Переход человечества к освоению новых видов топлива для получения необходимой для промышленного производства энергии связан с так называемыми «промышленными революциями». Эти промышленные революции, которые человек целиком относит на свой счет, не смогли бы произойти без запасов энергии, законсервированной растениями в ископаемом топливе. Погибая, растения аккумулировали энергию в отложениях каменного угля, торфе и даже нефти.

На всех стадиях своего развития человек был тесно связан с окружающим миром. Но с тех пор как появилось высокоиндустриальное общество, опасное вмешательство человека в природу резко усилилось, расширился объём этого вмешательства, оно стало многообразнее и сейчас грозит стать глобальной опасностью для человечества. Расход невозобновляемых видов сырья повышается, все больше пахотных земель выбывает из экономики, так как на них строятся города и заводы. Человеку приходится все больше вмешиваться в хозяйство биосферы – той части нашей планеты, в которой существует жизнь. Биосфера Земли в настоящее время подвергается нарастающему антропогенному воздействию.

Развитие современного производства, и, прежде всего промышленности, базируется в значительной степени на использовании ископаемого сырья. Среди отдельных видов ископаемых ресурсов на одно из первых мест по народнохозяйственному значению следует поставить источники топлива и электроэнергии.

Особенностью энергетического производства является непосредственное воздействие на природную среду в процессе извлечения топлива и его сжигания, причем происходящие изменения природных компонентов являются весьма наглядными.

Одной из характерных черт современного этапа научно-технического прогресса является возрастающий спрос на все виды энергии.

**Топливо-энергетические ресурсы** объединяют минеральные богатства, используемые как топливо (уголь, нефть, газ, горючие сланцы, торф, древесина, атомная энергия), так и в качестве источников энергии сгорания в двигателях, получения пара и электричества. В наиболее общем виде - это материальные объекты, в которых сосредоточена энергия, пригодная для практического использования.

Часть топливо-энергетических ресурсов, используемых только как топливо носят название **топливных ресурсов**. Совокупность энергии Солнца и космоса, атомно-энергетические, топливо-энергетические, термальные и другие источники энергии составляют **энергетические ресурсы**.

Проблемы энергетики затрагивают все слои человеческого общества. Рассматривая энергию как таковую, весьма важно различать различные ее виды на определенных стадиях преобразования и использования.

Прежде всего, это первичная энергия, которая содержится в первичных природных источниках. Потребность в первичной энергии будет существовать всегда. Объемы ее использования зависят с одной стороны от оптимального соотношения между качеством технологии превращения энергии и ее конечным использованием, и с другой стороны - от возможности применения альтернативных источников энергии.

Существует три класса источников первичной энергии:

- 1) Ископаемое топливо.
- 2) Атомная энергия.
- 3) Энергия солнца.

Источниками первичной энергией являются также каменный уголь, нефть, природный газ, природный уран. В качестве источника первичной энергии также можно рассматривать воду, падающую через плотину. Иногда первичная энергия может выступать в роли конечной энергии, то есть энергии, непосредственно обеспечивающей энергетические нужды потребителя. Одним из источников такой энергии, является природный газ.

Следует отметить, что использование ископаемого топлива для производства первичной энергии возможно и приемлемо только в том

случае, если технологии его переработки и использования постоянно совершенствуются. Это подразумевает уменьшение выбросов соединений серы в летучих газах, а также сокращение выбросов окислов азота, тяжелых металлов и  $\text{CO}_2$  при использовании ископаемого топлива.

Основным источником энергии для всего живого на Земле является энергия Солнца. До поверхности нашей планеты доходит количество солнечной энергии, равное 100 000 ТВт ( $1 \text{ ТВт} = 1 \times 10^{12} \text{ Вт}$ ). Эта энергия поглощается биомассой или преобразовывается в энергию ветра, гидроэнергию, волновую и энергию приливов-отливов. Подсчитано, что на нужды мирового хозяйства требуется 10 ТВт энергии. Следовательно, общий объем возобновимых источников энергии огромен.

В большинстве случаев первичная энергия преобразуется во вторичную энергию. Примерами источников вторичной энергии служат электричество и бензин.

Способы преобразования первичной энергии во вторичную могут быть разными. В одном случае она может преобразовываться на тепловых электростанциях (энергия падающей воды превращается в электрическую), и нефтеперерабатывающих предприятиях, где нефть преобразуется в более удобные виды энергии - бензин, керосин, дизельное топливо, лигроин. В другом случае это может быть атомная электростанция, где используется энергия расщепленного ядра. Необходимо помнить, что при любом преобразовании первичной энергии во вторичную происходят ее потери, так же как и при доставке энергии потребителю.

Вторичная энергия в форме конечной энергии используется человеком в свечении электрической лампочки, работе кофемолки, компьютера или мотора.

Последний этап, - превращение конечной энергии в полезную, т.е. в энергию, которая фактически переходит в продукцию или используется в обслуживании.

Еще одним источником энергии являются горючие сланцы и битуминозные пески. Добываемая нефть может представлять собой не жидкость, а довольно вязкую массу. В этом случае порода именуется битуминозным песком. Если же нефть смешана с мелкими частицами, которые лишают ее текучести, то такая порода носит название горючих сланцев. Месторождения горючих сланцев преимущественно сосредоточены в Северной Америке (70%) и в Латинской Америке (25%), битуминозных песков - в Канаде, Южной Америке, Сибири и Нигерии. Их запасы приближаются к запасам природного газа. Получаемое из них топливо сравнительно дорогое, поскольку и сланцы, и пески требуют предварительной термической обработки.

## 10.2. Топливо-энергетические ресурсы Беларуси

В настоящее время в недрах Беларуси выявлено около 5 тыс. Месторождений, представляющих около 30 видов минерального сырья. Топливные минеральные ресурсы Беларуси включают нефть, нефтяные газы, торф, бурый уголь и горючие сланцы. В качестве топливных ресурсов в республике используется также древесная масса (табл. 11.2.1.).

Таблица 11.2.1. Характеристика основных топливных ресурсов Беларуси

Вид топлива	Объем в млн. т у.т.	Степень освоения
Нефть	2,9-3,0	извлекаемость из недр – 30%
Попутные газы	0,30-0,55	
Горючие сланцы (запасы)	1 млрд. т	отсутствует технология использования
Бурые угли	1,2	то же
Торф	0,15-1,6	освоено производство
Дрова и отходы древесины	5,-6,0	совершенствуется технология использования

Нефть до сих пор является главным сырьем для производства бензина, дизельного и реактивного топлива, ценных химических продуктов. Судя по данным, представленным в табл.11.2.2., сокращения темпов роста добычи пока не видно.

Таблица 11.2.2. Добыча нефти, млрд. баррелей

Годы	До 1900	1901- 1920	1921- 1940	1941- 1960	1961- 1980	1981- 2000	2001-2020 (прогноз)
Добыча нефти	0.54	6.47	27.24	73.39	266.41	445.23	1081.79

В Беларуси первый фонтанный приток нефти получен в 1953 г. Первое промышленное месторождение (Речицкое) открыто в 1964 г. К началу 1985 г. разведаны 35 месторождений нефти. Всего отмечено 58 месторождений нефти, из которых эксплуатируются около 30. Все они находятся на юге

Беларуси и приурочены к северной части Припятского прогиба. Глубина залегания от 1612 м (Березинское месторождение) до 4580 м (Первомайское). Площадь нефтяных залежей от 1-2 км<sup>2</sup> до 50 км<sup>2</sup> (Речицкое месторождение). Мощность нефтенасыщенных пород от 1-2 до 180 м (Южно-Александровское). По углеводородному составу нефть Беларуси относится к метанонафтеновому типу, её плотность от 715 до 932 кг/м<sup>3</sup>. Выход светлых фракций при температуре до 300°C от 17 до 88%. Содержание парафина от следов до 30,6%, смол от 0 до 28,5%, серы от 0 до 2,15%.

В пластовых условиях нефть содержит попутные газы от 30 до 800 м<sup>3</sup>/т. Качество нефти закономерно меняется по площади Припятского прогиба: на севере преобладают парафинистые, смолистые, малосернистые нефти, на юге — высокосмолистые, высокосернистые, малопарафиновые. Добывается фонтанным и насосным способами. Часть добытой нефти транспортируется по нефтепроводу «Дружба». Перерабатывается Новополоцким и Мозырским нефтеперерабатывающими заводами; основная продукция — бензин, дизельное и нефтяное топливо, керосин, мазут, смазочные масла, битумы.

Общие извлекаемые ресурсы нефти в республике оценены в 362,1 млн. т (525 млн. т у.т.). В промышленную категорию переведено примерно 48% указанных ресурсов.

Следует отметить, что общая производительность существующих скважин снижается, так как многие разработанные нефтяные пласты уже перешагнули пиковый рубеж производительности. Эти обстоятельства формируют тенденцию спада в добыче нефти и в будущем.

Для сохранения существующих объемов добычи необходимо применение новейшей технологии и разработка новых месторождений. Уровень добычи попутного газа к 2005 г. составит приблизительно 193 млн. м<sup>3</sup>.

Для сведения: в 2000 г. было добыто около 1,88 млн. т нефти и 280 млн. м<sup>3</sup> попутного газа. Следует отметить, что, по сравнению с 1997 годом, наметилась тенденция к увеличению добычи нефти (в 1997 г. было добыто 1,797 млн. т нефти и 275 млн. м<sup>3</sup> попутного газа).

Торфяные ресурсы Беларуси значительно истощены вследствие интенсивного использования на предыдущих этапах экономического развития республики.

Общие прогнозные ресурсы торфа оцениваются в 3,0 млрд т. Для промышленной добычи пригодно 240 млн т. В настоящее время в республике используется 2204 тыс. тонн торфа, что соответствует 769,6 тыс. т условного топлива (т у.т.) (данные 2000 г.).

Учитывая имеющиеся ресурсы торфа и то, что брикеты достаточно дешевый вид топлива, по-видимому, целесообразно поддерживать их производство на достигнутом уровне. Так как в связи с выработкой запасов

на ряде действующих брикетных заводов в ближайшей перспективе возможно снижение объемов производства топливных брикетов.

Увеличение производства торфяного топлива возможно за счет добычи более дешевого (примерно в 2 раза), по сравнению с брикетами, кускового торфа. Объемы производства кускового торфа при соответствующей организации и закупке оборудования могут быть доведены к 2005 г. до 500 тыс. т у.т.

Таким образом, при условии сохранения производства брикетов суммарное потребление торфа в качестве топлива в 2005 г. может быть 1 млн. 100 тыс. т у.т., что составит 3,7%.

В Республике Беларусь довольно высок потенциал бурых углей. Запасы бурого угля выявлены на территории Белорусского Полесья. Наиболее изучены три месторождения – Житковичское, Бриневское и Тонежское. Общи запас бурых углей составляет 152 млн. т (37 млн. т у.т.), промышленные — 121 млн. т (29,5 млн. т у.т.)

На Житковичском месторождении подготовлены для промышленного освоения два месторождения с общими запасами 46,7 млн. т (11,4 млн. т у.т.), что позволяет проектировать строительство разреза мощностью в 2 млн. т (488 тыс. т у.т.). Два других месторождения разведаны только предварительно.

Имеющиеся в Беларуси бурые угли низкокалорийные (теплота сгорания 1500-1700 ккал/кг, влажность — 55-60%, средняя зольность — 17-23%). В ближайшие 6-10 лет промышленные запасы бурых углей предполагается довести до 200 млн. т (48,8 млн. т у.т.), что позволит создать на их базе мощности по добыче в объеме 4 млн. т в год (~ 1 млн. т у.т.).

Имеющиеся бурые угли можно использовать в качестве коммунально-бытового топлива после подсушки и брикетирования в смеси с торфом или для получения генераторного газа. Если учесть проблемы с топливом в Республике Беларусь, то можно констатировать, что существует реальная необходимость в освоении месторождений бурых углей на территории республики.

В Беларуси достаточно велики запасы горючих сланцев. Общие запасы Любанского и Туровского месторождений Припятского сланцевого бассейна оцениваются в 11 млрд. т, промышленные — в 3,6 млрд. т, что соответствует 792 млн. т у.т. Наиболее изученными являются Туровское месторождение. Теплота сгорания этих сланцев — 1000-1600 ккал/кг, зольность — около 75%, выход смолы — 6-12%. Запасы сланцев с теплотой сгорания около 1600 ккал/кг составляют 475 млн. т (108,6 млн. т у.т.).

По своим качественным показателям сланцы не являются эффективным топливом из-за высокой зольности и низкой теплоты сгорания. Они требуют предварительной термической подготовки с выходом жидкого и газообразного топлива. Стоимость полученных энергоносителей при этом

достаточно высока и приближается к мировым ценам на нефть. Учитывая, что в настоящее время наметилась тенденция к повышению цен на энергоносители, вероятно, есть смысл еще раз более тщательно проанализировать перспективы использования горючих сланцев с учетом имеющихся современных технологий.

В качестве реального замещения основных видов топливных ресурсов в Беларуси целесообразно использовать древесную массу: отходы деревообрабатывающего производства, маломерная и сухостойная древесина, кустарники и т.п.

Как показывает опыт, себестоимость тепловой энергии, полученной с использованием древесной массы (при учете конкретных условий), в 2-4 раза ниже по сравнению с экспортируемым углеводородным топливом. Таким образом, экономическая выгода от использования древесного топлива не вызывает сомнений. Следует заметить также, что, увеличивая объем сжигания древесного топлива, впрочем, как и любого другого вида местного топлива, мы тем самым уменьшаем потребление дорогостоящего импортируемого углеводородного топливного сырья.

Оценка экономически целесообразных объемов использования древесины и древесных отходов для топливных целей по областям и в целом по Беларуси до 2015 года приведена в таблице 11.2.3.

Эти данные показывают также, что, исходя из стратегических и экономических интересов государства, в ближайшее время целесообразно перевести на древесное топливо имеющиеся 1022 котельные с годовым расходом 412 тыс. т у.т., работающих на угле и находящихся в зоне оптимального радиуса использования топливной древесины и древесных отходов.

Таблица 11.2.3. Оценка экономически целесообразных объемов использования древесины и древесных отходов для топливных целей (в тыс. т у.т. в год)

Область	До 2005 года	До 2015 года
Брестская	274,65	342,5

Витебская	382,57	477,1
Гродненская	225,06	280,65
Гомельская	483,69	603,19
Минская	445,9	556,0
Могилевская	313,1	390,5
<b>Итого по республике</b>	<b>2124,97</b>	<b>2649,94</b>

Что касается дополнительного вклада в древесную топливную массу посадок специальных быстрорастущих растений, то здесь окончательные оценки могут быть сделаны только после завершения проводимых в настоящее время опытов в этом направлении.

### 11.3. Топливо-энергетический комплекс Беларуси

История человечества началась в то время, когда первобытный человек приручил огонь. Топливом ему служили дрова. До сих пор во многих странах для отопления жилья и приготовления пищи используются дрова и сельскохозяйственные отходы.

Вплоть до промышленной революции 18 века человечество пользовалось древесиной как единственным источником топлива. Использование энергии пара потребовало нового типа топлива. Им стал каменный уголь. Постепенно в сельском хозяйстве машины практически полностью вытеснили труд животных. Потребовались нефтепродукты, а не корма для животных, не нужны стали и сами животные как рабочая сила.

С развитием человеческого общества потребление энергии непрерывно росло. Осваивались новые виды энергоисточников: ветер, текущая вода, каменный уголь, нефть, природный газ, ядерная энергия, то есть источники со все большим содержанием энергии, требующие все более сложных сооружений для ее высвобождения.

Сейчас человечество использует для своих нужд

- углеводородное топливо, которое включает концентрат солнечной энергии предыдущих геологических эпох (нефть, природный газ, каменный

уголь, сланцы), концентрат солнечной энергии нашего времени (дрова, сельскохозяйственные отходы, торф), другие проявления солнечной энергии, в частности прямую солнечную радиацию;

- гидроэнергетику, в основе которой испарение, перенос воды в облаках и конденсация воды;

- ветроэнергию, связанную с разным прогревом поверхности Земли за счет прямой солнечной радиации;

- геотермальную энергию - проявление гравитации и радиоактивных распадов, протекающих в глубинах Земли;

- ядерную энергию - энергию деления тяжелых ядер.

Потребляется энергия в виде жидкого, газообразного, твердого топлива, электроэнергии, вырабатываемой на электростанциях, тепла, получаемого централизованно на электростанциях и в котельных. На электростанциях используют энергию горения газообразного, твердого и жидкого топлива, энергию текущей воды, энергию деления актиноидов, возникающих в результате ядерных реакций. Потребители энергоисточников: коммунальное хозяйство, транспорт, промышленность, добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство.

В настоящее время все возможные энергоисточники применяются с разной интенсивностью. Безопаснее, удобнее, привычнее иметь дело с жидкими нефтепродуктами. Однако запасов нефти в природе меньше, чем других углеводородов.

Основным энергоисточником в конце XX в. было углеводородное топливо: нефть, природный газ, каменный уголь. Часть электроэнергии вырабатывали на гидроэлектростанциях и атомных электростанциях.

Результатом развития процесса потребления различных видов топлива (в основном ископаемого) стало формирование особой специфической отрасли промышленности – топливной. Топливная промышленность специализируется на добыче первичных энергетических ресурсов.

Напомним, что первичными энергетическими ресурсами являются носители первичной энергии. Источниками первичной энергии являются каменный уголь, нефть, природный газ, природный кран, вода, падающая через плотину и т.п.

Постепенно вместе с ростом добычи энергоресурсов производство, передача и распределение энергии обособилось в самостоятельную отрасль – электроэнергетику. Образовались большие функциональные системы энергетики: углеснабжающая, нефтеснабжающая, газоснабжающая, ядерно-энергетическая и электроэнергетическая.

Таким образом, видно, что пользователи энергии (потребители, субъекты хозяйствования независимо от форм собственности) рассредоточены по различным отраслям экономики. Таким путем энергетика внедряется во многие отрасли экономики и народного хозяйства.

Вместе с дифференцировкой различных отраслей энергетики происходят и интеграционные процессы, образуются единые энергетические сети. В основе таких интеграционных процессов лежит широкая технологическая взаимозаменяемость в экономике различных видов энергии и энергетических ресурсов.

Все эти процессы интеграции привели к объективной необходимости объединения всех функциональных систем энергетики в единую межотраслевую систему, которая называется топливно-энергетический комплекс.

**Топливо-энергетический комплекс** определяется как сложная совокупность больших, непрерывно развивающихся производственных систем для получения, преобразования, распределения и использования энергетических ресурсов и энергии всех видов.

#### 11.4. Основные направления экономии энергоресурсов

Экономия топливно-энергетических ресурсов в настоящее время становится одним из важнейших направлений перевода экономики Беларуси на путь интенсивного развития и рационального природопользования.

Основными направлениями экономии энергоресурсов являются:

- совершенствование технологических 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.

Специалисты в области энергетики считают наиболее перспективным для Беларуси освоение энерго- и ресурсосберегающих технологий и реализацию программы энергосбережения. Частично сократить поставки топлива из-за рубежа позволит расширение использования местных топливных ресурсов РБ, таких как нефть, попутный газ, бурые угли, торф, древесина, отходы животноводства. (Для Беларуси наиболее реальным источником замещения некоторой части импортируемого топлива может

стать древесина и древесные отходы: по примеру скандинавских стран в ближайшие годы можно увеличить применение древесины в качестве топлива в 1,5-2 раза.)

Однако расчеты показывают, что намеченные меры по энергосбережению, максимальному использованию местных топливных ресурсов и нетрадиционных источников энергии смогут увеличить обеспеченность собственным топливом лишь до 38-40%.

Основной причиной значительного ухудшения экологической ситуации в нашей стране является отсутствие устойчивого механизма, учитывающего уровень превышения ПДК и ПДВ. Это отражается на экономике источников, загрязняющих окружающую среду, а также базовых (стартовых) эколого-экономических нормативов, определяющих виды экономического, морального наказания или поощрения.

На современном уровне развития производственных сил в оборот вовлечены практически все территориальные элементы и компоненты окружающей среды, поэтому они подвергаются отрицательному воздействию загрязняющих веществ и физических факторов. Уровень и состав загрязнения дифференцируются по территории Белоруссии и определяются отраслевой спецификой производства, явлениями переноса загрязняющих веществ через атмосферный воздух, воду и другие носители загрязнения окружающей среды. Поэтому, целесообразно пересмотреть сложившиеся технологические процессы, наносящие ущерб окружающей среде.

### **11.5. Эффективное использование энергии в населенных пунктах**

**Концепция и задачи энергосбережения.** Более половины населения планеты проживают сосредоточено в городах и населенных пунктах городского типа. На их развитие и функционирование в промышленно-развитых странах расходуется 70 - 80% потребляемой энергии. Тенденция роста городского населения на планете в будущем будет усиливаться. С одной стороны, крупнейшие города мира, такие как Мехико, Токио, Москва, Париж, Нью-Йорк и др., превращаются в городские агломераты, срастаясь с городскими предместьями, с другой - будет возникать все больше маленьких комфортных городов, гармонично вписывающихся в окружающий их ландшафт. Жизнь современного города невозможна без надежно работающей энергетической инфраструктуры, включающей источники теплоэнергоресурсов, устройства из преобразования, сети их транспорта, распределение и сами энергопотребляющие системы: освещение, отопление, вентиляция, водоснабжение и т.д. Облик, планировка, конструкции зданий городов, развитие городских инфраструктур и организация жизни в значительной степени зависят от способов и средств их энергообеспечения. В свою очередь, на структуру систем снабжения энергетическими ресурсами и их потребление в

бытовом, промышленном, торгово-коммерческом, транспортном и других секторах городского хозяйства, на режимы энергопотребления влияют климатические условия и географическое расположение городов, населенных пунктов, их историческое прошлое, национальные особенности и традиции, структура городского хозяйства, демографический фактор и т.д.

Быстрый рост городского населения, требований к качеству жизни в условиях дефицита природных ресурсов (земли и воды) и традиционных видов органического топлива (угля, нефти, газа), ужесточение требований по охране окружающей среды выдвигают на первый план проблему эффективности использования энергии в городах и населенных пунктах. Ее решение возможно лишь при комплексном подходе к проектированию, строительству, реконструкции и организации жизни городов и городского хозяйства на основе единой концепции рационального расходования всех видов энергоресурсов.

**Суть концепции заключается в следующих положениях:**

- энергосбережение рассматривается как один из основных критериев при принятии решений на всех этапах градостроительства и организации городской жизни, начиная с планировки, проектирования и кончая эксплуатацией жилищного фонда, городских инфраструктур и регулирования ритма городской жизни;

- энергосбережение осуществляется одновременно и согласованно путем оптимизации и использования энергии во всех звеньях цепи энергообеспечения города - от источников энергии до потребителей по всем видам энергоресурсов и энергоносителей;

- максимальное использование природных возобновляемых, местных и вторичных энергоресурсов;

- стимулирование структурного энергосбережения в промышленном и транспортном секторах городского хозяйства, внедрение в них менее энергоемких технологий и энергосберегающего оборудования;

- установление приоритетных направлений энергосбережения на ближайший и долгосрочный периоды и мобилизация материальных, финансовых, трудовых средств и ресурсов на реализацию этих направлений.

Основой осуществления такой концепции в Беларуси служат принятые на государственном уровне социально-экономическая политика и нормативно-правовая база, стимулирующие энергосбережение. На основе концепции разработаны городские программы по энергосбережению, выполнение которых предусматривает широкий спектр действий и систематической работы городских мэрий и служб, коллективов отдельных предприятий и организаций, а также повседневных усилий каждого горожанина.

Рассмотрим приоритетные направления выполняемых в настоящее время в Беларуси городских программ энергосбережения.

Во исполнение закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» для реализации государственной политики был принят целый ряд нормативных документов:

- Постановление о дополнительных мерах по обеспечению эффективного использования ТЭР;
- Положение по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве;
- Постановление «О порядке разработки и пересмотре норм расхода топлива и энергии.

Таким образом, мы с вами рассмотрели государственную программу энергосбережения.

Другим важнейшим документом является Республиканская Программа энергосбережения на 2001-2005 годы. Она разработана во исполнение решений Президента и Правительства Республики Беларусь в целях проведения эффективной целенаправленной энергосберегающей политики и координации деятельности государственных органов по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

Настоящая программа определяет приоритетные направления реализации государственной политики в области энергосбережения с учетом имеющегося потенциала и концептуальных задач на 2001-2009 годы, а также пути и методы максимального использования резервов экономии топлива и энергии в Республике.

На данный момент создана структура управления энергосбережением. В нее входят государственный комитет по энергосбережению и энергонадзору, областное и Минское городское управление по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов. Значительный объем работ возложен на координационный межведомственный совет по энергосбережению и эффективному использованию местных топливных ресурсов.

Одной из многих задач Республиканской программы энергосбережения является обеспечение до 2005 года планируемого прироста валового внутреннего продукта без увеличения потребления теплоэнергоресурсов, а также снижение в 2005 году энергоемкости ВВП относительно 2000 года на 8,7% - 15,1%. Основная роль в решении задач отводится государственному управлению, основным механизмом которого является регулирование потребления теплоэнергоресурсов посредством создания законодательной и нормативной базы, а также экономических стимулов их рационального использования.

Исходя из анализа Республиканской программы энергосбережения представляется необходимым сделать выводы о том, что основными задачами энергосберегающей политики являются:

- структурная перестройка отраслей;
- повышение коэффициента полезного использования энергоносителей и увеличение доли менее дорогих видов топлива в общем топливном балансе;
- увеличение доли местного топлива, отходов производства, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;
- совершенствование законодательной базы.

Следует отметить, что энергосбережение - это организационная, научная, практическая, информационная деятельность государственных органов, юридических и физических лиц, направленная на снижение расхода (потерь) топливно-энергетических ресурсов в процессе их добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства и использования.

**Градостроительство, санация жилых зданий.** Эффективное энергоиспользование в городах и населенных пунктах при одновременно надежном их энергообеспечении закладывается в первую очередь на этапах планирования, проектирования и строительства. Энергосберегающие решения получают приоритет при планировке жилого сектора, садово-парковой зоны города, его промышленных объектов, городских инженерных инфраструктур, транспортных коммуникаций. Стройиндустрия республики потребляет около 15% всех энергоресурсов. Не менее 30% расходуемого топлива идет на отопление зданий и сооружений, теплотехнические качества которых определяются строительной отраслью. Взаимное размещение зданий, их ориентация по странам света, типы зданий, виды транспорта и транспортные развязки, структура и конструкции систем обеспечения топливом, тепловой и электрической энергией, водоснабжения, канализации, утилизации городских отходов, дальнейшие перспективы развития города, его социально-экономическая роль - все это в совокупности влияет на объем и эффективность потребления энергоресурсов, а также на воздействие энергоиспользования города на окружающую среду. Отсюда вытекают основные задачи энергосбережения в градостроительстве:

- снижение энергоемкости строительной продукции (материалов и конструкций) - за счет более эффективных технологий их изготовления;
- разработка и внедрение архитектурно-градостроительных и конструктивно-технологических решений при проектировании, строительстве, реконструкции жилых домов, общественных зданий и объектов производственного назначения, обеспечивающих снижение энергопотребления, в том числе новых типов энергоэффективных

зданий массового строительства;

- снижение энергоемкости, повышение качества строительно-монтажных и ремонтных работ за счет совершенствования их технологии;
- комплекс мер по тепловой модернизации (терморевитализации, санации) существующего жилого фонда, зданий и сооружений с целью повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий и совершенствования систем их теплоснабжения;
- внедрение энергоэффективного инженерного оборудования и систем жизнеобеспечения (отопления, вентиляции, освещения и т. д.), современных приборов контроля и учета ТЭР.

Согласно современной концепции, с точки зрения энергопотребления, **проектирование, строительство и использование здания рассматриваются как единая технологическая цепь, имеющая своей целью минимизировать энергоматериальные, трудовые затраты и воздействие на окружающую среду.**

Из общего объема тепловой энергии, потребляемой при строительстве и эксплуатации зданий сегодня, только 10% расходуется на производство строительных материалов и изделий, а также на сам процесс строительства, а 90% идет на отопление и горячее водоснабжение, что в 2 раза больше, чем в западноевропейских странах. Поэтому в Беларуси с 1994 г. были введены новые нормативы на термические сопротивления строительных ограждающих конструкций (стен, крыш, перекрытий, окон, дверей и т.д.) зданий и сооружений. Исследования показали, что существенную экономию - до 14% - тепловой энергии в здании можно получить при увеличении термосопротивления наружных стен в 2 - 2,5 раза. Дальнейшее его увеличение, а также увеличение термосопротивления оконных, дверных проемов для зданий с естественной вентиляцией, которая характерна для жилого фонда республики, экономически неоправданны: значительно возрастают энергозатраты на вентиляцию, горячее водоснабжение тепловые потери через окна, балконные двери, нарушаются санитарно-гигиенические нормы воздухообмена. Потребление тепловой энергии зданием зависит от его геометрических размеров, этажности, площади остекления наружной поверхности, теплофизических характеристик и размеров строительных и инженерных конструкций.

В настоящее время в республике пересмотрены подходы к объемно-планировочным решениям возводимых зданий и сооружений с целью сокращения энергопотерь во время эксплуатации. Новые жилые здания с повышенным термосопротивлением наружных стен и проемов должны оборудоваться сбалансированной вентиляцией, установками утилизации

тепла отработанного воздуха и горячей воды, контрольно-регулирующей аппаратурой потребления тепла и воды.

В белорусских городах осуществляются работы по реконструкции, модернизации, капитальному ремонту и термической реабилитации, т.е. санации ранее выстроенных зданий жилого и нежилого фонда. Санация в части терморееабилитации означает повышение теплозащиты зданий путем теплоизоляции стен минеральной ватой и пенопластом, утепление крыш, полов, замену оконных блоков, остекление балконов, модернизацию систем вентиляции, реконструкцию и автоматизацию теплоузлов, установку индивидуальных регуляторов тепла в квартирах и комнатах, экономичных осветительных приборов, счетчиков тепла и воды.

Обследование состояния зданий и сооружений позволяет выявить потенциал энергосбережения. В жилом фонде он составляет 30-76%, т.е. нынешнее годовое потребление энергии может быть сокращено наполовину. В нежилом фонде (административные, общественные, культурного назначения здания, школы, больницы и т.д.) может быть сэкономлено около половины годового объема потребления энергии. Нарботаны и применяются технологии терморееабилитации зданий путем наружного утепления их фасадов. Первый опыт санации жилого фонда показал, что возводящиеся и санируемые здания необходимо оборудовать системами принудительной управляемой вентиляции. При применяемой до сегодняшнего дня естественной вентиляции в результате утепления ограждающих наружных конструкций происходит перераспределение теплопотерь: резко возрастают потери тепла на нагрев поступающего в помещение воздуха и, кроме того, относительная влажность воздуха оказывается выше нормативной. Таким образом, сокращение теплопотерь на 20-30% и нормальный воздухообмен в помещениях можно получить только в результате совместного применения в здании теплоизоляции ограждающих конструкций и современных систем принудительной вентиляции.

К наиболее эффективным системам «утепления» зданий из числа отечественных относятся системы «ПСЛ» и «термошуба». Они представляют собой многослойные конструкции из плиты-утеплителя, прикрепленной к подготовленной поверхности стен специальным клеящим составом и анкерами, защитного покрытия из клеящего состава, армированного одним-двумя слоями сетки в сочетании с металлическими профилями и отделочного покрытия из тонкослойной штукатурки. Утеплитель может крепиться к стене механическим способом, а жесткая облицовка устраивается на специальных каркасах с образованием воздушной прослойки между плитой утеплителя и облицовкой. В качестве теплоизоляционных материалов в этих конструкциях применяются жесткая минераловатная плита и пенополистирол.

**Внутригородской транспорт.** Жизнь современного города немыслима без транспорта, потребляющего значительное количество теплоэнергоресурсов, включая высококачественные нефтепродукты. Транспорт других отраслей экономики более чувствителен к перебоям в снабжении энергией. Однако именно в этом секторе экономики имеются широкие возможности для повышения эффективности использования энергии. Следует различать краткосрочные и долгосрочные программы мероприятий по эффективному энергоиспользованию в транспортном секторе.

Краткосрочные программы направлены на производство и распространение транспортных средств, потребляющих минимальное количество энергии, требующих меньших расходов на их содержание и эксплуатацию. Причем, транспорт - это та область общественной деятельности, в которой может быть наиболее успешно использовано правовое нормативное регулирование для повышения энергоэффективности. Это объясняется значительным числом производителей взаимозаменяемых видов транспорта и еще большим числом его потребителей - владельцев транспортных средств, каждое из которых потребляет относительно небольшое количество энергии. Опыт европейских стран показывает эффективные способы стимулирования энергосбережения на транспорте. Краткосрочные программы включают также комплекс мер по улучшению организации движения в городе.

Долгосрочные программы имеют стратегическую направленность, учитывают перспективы развития города, ожидаемые изменения в структуре источников энергии в будущем и наиболее прогрессивные тенденции в области разработки транспорта. В частности, речь идет о создании транспортных средств, работающих на возобновляемых энергоресурсах, которые могут переключаться при эксплуатации с одного вида энергии на другой, о создании современных подземных или надземных видов городского транспорта. Такие тенденции диктуются, с одной стороны, целями энергосбережения, с другой - экологическими требованиями по сохранению чистоты воздушной среды и дефицитом земли в городах.

Рассмотрим возможности энергосбережения на транспорте посредством изменений его структуры и видов потребляемого топлива. В этой связи проектировщик городских транспортных систем может руководствоваться тремя принципами:

- выбирать наиболее функционально подходящие виды транспорта;
- использовать облегченные транспортные средства;
- обеспечивать максимальное увеличение полезной нагрузки транспортных средств.

Чем меньше масса автомобиля, тем меньше расходуемая им энергия. В некоторых европейских странах в течение ограниченных периодов времени

применялись субсидии или налоговые скидки для улучшения структуры транспортных средств. Так, в Греции была введена налоговая скидка на новые небольшие автомобили с низким уровнем выбросов при условии вывода из обращения старых машин. Регулированием налогов на покупку, импорт автомобилей, ежегодной пошлины на них можно стимулировать спрос потребителей на машины с высокоэффективным использованием топлива, что косвенно ориентирует производителя на выпуск таких машин. Для информирования потребителей в ряде стран применяется маркировка новых автомобилей по расходу топлива, к примеру, она обязательна в Великобритании.

Проблемы ценности городской земли и загрязнение воздуха выбросами автомобилей при сжигании органического топлива заставляют думать о развитии подземного транспорта. На его создание требуется 10-20 лет, начиная с этапа технико-экономического анализа до начала эксплуатации, и еще 10-20 лет необходимо для выхода транспортной системы на полную проектную мощность. Поэтому оценка эффективности использования энергии при принятии решений о сооружении подобных крупнозатратных транспортных систем должна производиться в стратегическом контексте с учетом располагаемых городом в перспективе видов энергоресурсов, роста их потребления и дальнейшего развития города. В качестве меж- и внутригородского вида современного транспорта может рассматриваться вертолетное движение.

Значительный потенциал энергосбережения содержится в организации движения транспорта в городе, в ее оптимизации. Объем потребления энергии на транспорте непосредственно связан с планировкой города, его компактностью, расположением его районов, объектов наибольшего посещения. Поэтому важно оптимально организовать систему магистралей, главных и второстепенных дорог, транспортных развязок, регулирования скоростей с помощью светофоров и дорожных знаков, предусмотреть возможности рациональных проездов, хорошее состояние дорог, качественное техническое обслуживание транспортных средств.

Ограничения скорости существуют во всех странах практически для всех типов дорог. Они нужны по условиям безопасности, но, кроме того, позволяют экономить топливо. С учетом максимальной экономии топлива должны организовываться в современных городах системы стоянок транспортных средств, гаражей, маршрутов и остановок городского общественного транспорта, станций технического обслуживания и бензозаправочных станций.

Энергоэффективность использования транспортного средства в городских условиях сильно зависит от индивидуального умения и навыков вождения с

наименьшим расходом топлива. В некоторых европейских странах при проведении экзамена на получение водительских прав осуществляется проверка качества вождения с позиций эффективного использования топлива. Важно, чтобы каждый водитель регулярно наблюдал и вел учет потребления топлива. Это позволяет ему оценить возможную экономию денежных средств и стимулирует на рациональное пользование транспортным средством.

### 11.6. Энергосбережение в быту

Коммунально-бытовой сектор экономики является одним из крупнейших потребителей топлива, тепловой и электрической энергии. Современный быт немислим без энергетических услуг:

- комфортные условия жизни людей обеспечиваются освещением, отоплением, вентиляцией, бытовыми электрическими приборами и устройствами, кондиционированием и т.п.
- бытовые коммуникации, информационно-развлекательный сервис осуществляются с помощью телефонов, телевизоров, магнитофонов, компьютеров и т.д.

В силу своего географического расположения Беларусь относится к странам с относительно холодным климатом. Продолжительность «отопительного периода» составляет около 200 дней, что определяет значительную долю энергозатрат на отопление. На бытовом уровне потребляется 30% от всего количества топлива, расходуемого республикой. Потребляемая жилищно-коммунальным сектором тепловая энергия используется для отопления домов - 60-70% и горячего водоснабжения - 30-40%.

К сожалению, бытовое энергопотребление в нашем государстве весьма неэффективно. Для отопления и горячего водоснабжения квартиры среднестатистической белорусской семьи из 3-4 человек ежегодно на ТЭС или котельных сжигается около 2 тонн нефти. Кроме того, ею потребляется 1200-1800 кВт/ч электроэнергии в год. Эти цифры в 1,5-2 раза выше, чем в индустриально развитых европейских странах с сопоставимым климатом при значительно более низком энергетическом комфорте из-за неэффективного распределения и использования энергии.

Энергетический комфорт во многом определяет качество жизни населения той или иной страны. В современном мире оценка качества жизни все больше смещается от материало- и энергоемких бытовых приборов и устройств: нагревательных печей, ламп накаливания, энергоемких холодильников - к энергоэкономичным приборам: микроволновым печам, газоразрядным осветительным установкам, батарейной радио-, телеаппаратуре и т. п.

Таким образом, очевидны наличие значительного потенциала энергосбережения на бытовом уровне, прежде всего по тепловой энергии, необходимость его активной реализации как с целью экономии ТЭР, так и для повышения качества жизни белорусов. Для решения этих задач, согласно Государственной программе «Энергосбережение», предусмотрен и проводится целый комплекс долгосрочных и краткосрочных мероприятий. Обязательными условиями успеха их решения являются следующие:

- психологическая настроенность и желание населения экономно расходовать энергоресурсы;
- знание способов энергосбережения и умение их использовать в повседневной жизни;
- рачительное отношение людей к пользованию энергетическим комфортом на подсознательном уровне, внутренняя дисциплина бережного энергопотребления.

Если первые два условия могут быть обеспечены в относительно короткие сроки благодаря государственному экономическому и организационно-административному стимулированию, информационно-образовательным мерам, то осуществление последнего условия требует длительного времени, так как предполагает формирование у человека с самого детства определенных культуры поведения и привычек, обусловленных заботой о будущем энергетическом и экологическом благополучии нашей планеты. Именно поэтому в республике организована и совершенствуется многоступенчатая система образования в области энергосбережения, постоянно проводится информационно-рекламная работа.

В значительной мере существующий потенциал энергосбережения в жилищно-бытовом секторе может быть реализован за короткое время самими жильцами с помощью простых, недорогих и эффективных способов, представленных в таблице 11.6.1. Реальный потенциал экономии теплотребления в жилых зданиях составляет 40-50%, причем половина этой экономии осуществима за счет

Таблица 11.6.1. Способы экономии энергосбережения  
в жилищно-бытовом секторе

СПОСОБ	МЕРОПРИЯТИЯ	РЕЗУЛЬТАТ
Снижение тепловых потерь сквозь окон-	Устранить щели, неплотности ватой, герметиком, монтажной пеной; утеплить	Потери тепла снижаются на

<p>ные, дверные проемы и притворы, на нагрев поступающего извне холодного воздуха.</p>	<p>дверные и оконные рамы толстой бумагой, липкой лентой, завесить окна и балконные двери толстыми занавесками, но не закрывать ими радиаторы; Укрепить прозрачную полиэтиленовую пленку на окнах (тройное остекление) или установить стеклопакеты; Остеклить лоджию или балкон, установить регулируемые решетки на вентиляционных каналах или закрыть частично вентиляционные отверстия в туалете, ванной, на кухне плотной бумагой или картоном.</p>	<p>20-25%</p> <p>15-35%</p> <p>39%</p>
<p>Повышение теплоотдачи отопительных приборов</p>	<p>Установить отражающий экран за радиатором и под подоконником из блестящей фольги, между экраном и стеной положить теплоизолирующий слой из войлока; установить краны, терморегуляторы на радиаторах, периодически очищать их от пыли; изолировать трубы горячей воды войлоком или пенистым материалом; не загораживать радиаторы мебелью, коврами, шторами и т.п.</p>	<p>Экономия тепла, улучшение микроклимата в помещении</p>
<p>Снижение потребления электроэнергии</p>	<p>Соблюдать дисциплину отключения осветительных приборов, применять их рациональное размещение и сочетание; рациональное пользование бытовыми электроприборами; использовать энергосберегающие лампы, современные бытовые приборы: электрочайники, кофеварки, печи СВЧ и т.п.; периодически размораживать холодильник (морозильник), размещать его в холодном месте кухни, класть в него только охлажденные продукты.</p>	<p>Экономия электроэнергии на:</p> <p>15-35%</p> <p>30-40%</p> <p>3-20%</p>
<p>Уменьшение расхода воды</p>	<p>Устранить течи в кранах, трубах, не оставлять краны открытыми, использовать рациональный напор струи; мыть посуду в емкости с водой моющим средством, а не под струей; принимать душ вместо ванны; кипятить воду не больше, чем нужно; соединить выход раковины умывальника с бачком унитаза. Установить счетчики</p>	<p>Экономия воды, электроэнергии, тепла.</p>
<p>Учет, регулирование расхода энергии</p>	<p>электрической энергии, тепла, газа, воды, терморегуляторы.</p>	

		Экономия электронергии на 30-50%
--	--	--

Необходимо уделить внимание практическим приемам правильного пользования электробытовыми приборами для повышения их энергетической эффективности. При приготовлении пищи или кипячении воды целесообразно выключать конфорки несколько раньше окончательной готовности или закипания воды, это позволяет сэкономить до 20% электроэнергии за счет тепловой инерции раскаленной конфорки. Более экономично пользоваться электрочайниками, электрокофеварками, яйцеварками, печами СВЧ и т.п., которые имеют КПД в 1,5-1,8 раза выше, чем обычные газовые и электрические плиты. При приготовлении нескольких блюд можно сберечь от 10 до 30% электроэнергии, если использовать еще не остывшие конфорки для предварительного нагрева воды, используемой в приготовляемых блюдах, если пользоваться предварительно отстоявшейся водой комнатной температуры, а не холодной (8-10° С) прямо из-под крана, если во время готовки накрывать кастрюлю крышкой. Все крупы имеет смысл замачивать с вечера, залив горячей водой, накрыв плотно крышкой, - это также экономит расход энергии на приготовление.

Добиться значительной экономии электроэнергии можно при разумном сочетании общего и локального (местного) освещения на рабочем столе, в гостиной для просмотра телевизионных программ, у зеркала в прихожей и т.п. Хорошо предусмотреть возможность включения части ламп в светильниках, автоматического отключения освещения при выходе из комнаты, использовать современные энергосберегающие лампы. К ним относятся, например, компактные люминесцентные лампы КЛЛ, которые потребляют в 6-7 раз меньше электрической энергии по сравнению с лампами накаливания при одинаковой освещенности. Для любых типов ламп светоотдача увеличивается с увеличением мощности. Использование нескольких ламп малой мощности вместо одной мощной лампы в осветительных устройствах требует больше энергии. Так, 4 люминесцентные лампы по 20 Вт дают 2/3 света, который можно получить от двух ламп по 40 Вт, или 4/7 света, который дает одна лампа 75 Вт.

### Вопросы для повторения

1. Что такое энергосбережение, в чем заключается его сущность?
2. Перечислите основные принципы государственного управления в

- сфере энергосбережения.
3. В чем суть единой концепции рационального расходования всех видов энергоресурсов?
  4. Перечислите приоритетные направления выполняемых в настоящее время в Беларуси городских программ энергосбережения.
  5. Перечислите основные задачи энергосбережения в градостроительстве.
  6. Какими принципами должен руководствоваться проектировщик городских транспортных систем с целью энергосбережения на транспорте?
  7. Перечислите способы экономии энергосбережения в жилищно-бытовом секторе.

#### **ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ДОКЛАДОВ И РЕФЕРАТОВ ДЛЯ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

1. Анализ экологической карты мира.
2. Факторы среды. Адаптации организмов к среде обитания.
3. Экология популяций.
4. Особенности видовой, пространственной и экологической структуры биоценоза.
5. Экосистемы. Динамика и стабильность экосистем.
6. Биосфера. Состав и строение биосферы.
7. Роль живого вещества в биосфере. Ноосфера.
8. Охрана природных ресурсов Беларуси.
9. Состояние и охрана окружающей среды в Беларуси. Заповедники Беларуси. Красная книга Беларуси.
10. Биосфера — глобальная экологическая система.
11. Роль человека в эволюции биосферы.
12. Окружающая среда и здоровье человека.
13. Биоиндикация состояния окружающей среды.
14. Экологические проблемы Республики Беларусь и пути их решения.
15. Проблема кислотных осадков. Способы определения кислотности дождевой воды и почвы.
16. Экологические проблемы мегаполиса (на примере г. Минска).
17. Система охраняемых объектов как основа охраны природы Беларуси.
18. Грядет ли экологический Апокалипсис?
19. Развитие теории ноосферы в трудах В. И. Вернадского.
20. Редкие и охраняемые виды растений и животных ваших родных мест.
21. Вода и жизнь. Проблема чистоты питьевой воды.
22. Экосистемы и проблема химизации.
23. Энергетические ресурсы Беларуси.

24. Альтернативные источники энергии.
25. Организация энергосбережения в Республике Беларусь. Основные направления энергосбережения.
26. Тепловые, гидро- и атомные электростанции. Оценка их эффективности. Перспективы развития атомной энергетики в РБ и ее целесообразность.
27. С какого времени начинать экологическое воспитание? Проблема экологического образования дошкольников.
28. Формы и методы экологического образования в воспитании школьников.
29. Природа Беларуси и рациональное природопользование.
30. Значение животных в экологических цепях. Редкие виды животных.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Бродский А. К. Краткий курс общей экологии: Учеб. Пособие / А.К.Бродский. СПб., 1999.
- Бродский А.К. Введение в проблемы биоразнообразия / А.К.Бродский. СПб., 2002.
- Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера / В.И.Вернадский. М., 2002.
- Вронский В.А. Прикладная экология: Учеб. пособие / В.А.Вронский. Ростов н/Д, 1996.
- Гиляров А.М. Популяционная экология / А.М.Гиляров. М., 1990.
- Коммонер Б. Замыкающийся круг / Б.Коммонер. Л., 1974.
- Основы энергосбережения. Курс лекций / Под ред. Н.Г.Хутской. Мн., 1998.
- Львович М.И. Вода и жизнь (Водные ресурсы, их преобразование и охрана)/ М.И.Львович. М., 1986 с.
- Маврищев В.В. Основы экологии: Учебник / В.В.Маврищев. 3-е изд., испр. и доп. Мн, 2007.
- Макдугалл Дж.Д. Краткая история планеты Земля: горы, животные, огонь и лед / Дж.Д. Макдугалл. СПб., 2001.
- Миркин Б.М. Основы общей экологии: Учеб. пособие / Б.М.Миркин, Л.Г. Наумова. М., 2005
- Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера / Н.Н.Моисеев. М., 1990.
- Одум Ю. Экология: В 2 т. / Ю. Одум; Пер. с англ. М., 1986.
- Петров К.М. Общая экология / К.М.Петров. СПб., 1998.
- Поспелова Т. Г. Основы энергосбережения / Т.Г.Поспелова. Мн., 2000.
- Радкевич В.А. Экология: Учебник / В.А.Радкевич. Мн., 1998.
- Рамад Ф. Основы прикладной экологии / Ф.Рамад. Л., 1981.

- Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы / Н.Ф.Реймерс. М., 1994.
- Реймерс Н.Ф. Особо охраняемые природные территории / Н.Ф.Реймерс, Ф.Р. Штильмарк. М., 1978.
- Риклефс Р. Основы общей экологии / Р.Риклефс. М., 1989.
- Свидерская О. В. Основы энергосбережения: Уч.-метод.пособие / О.В.Свидерская. Мн., 2000.
- Чернова И.М. Экология / И.М.Чернова, А.М.Былова. М., 2004.
- Чумаков Л.С. Охрана природы: Пособие для учителя / Л.С.Чумаков. Мн., 2006.
- Шилов И. А. Экология: Учебник / И.А.Шилов. М., 2006.
- Яблоков А.В. Уровни охраны живой природы/ А.В.Яблоков, С.А.Остроумов. М.,1985.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ