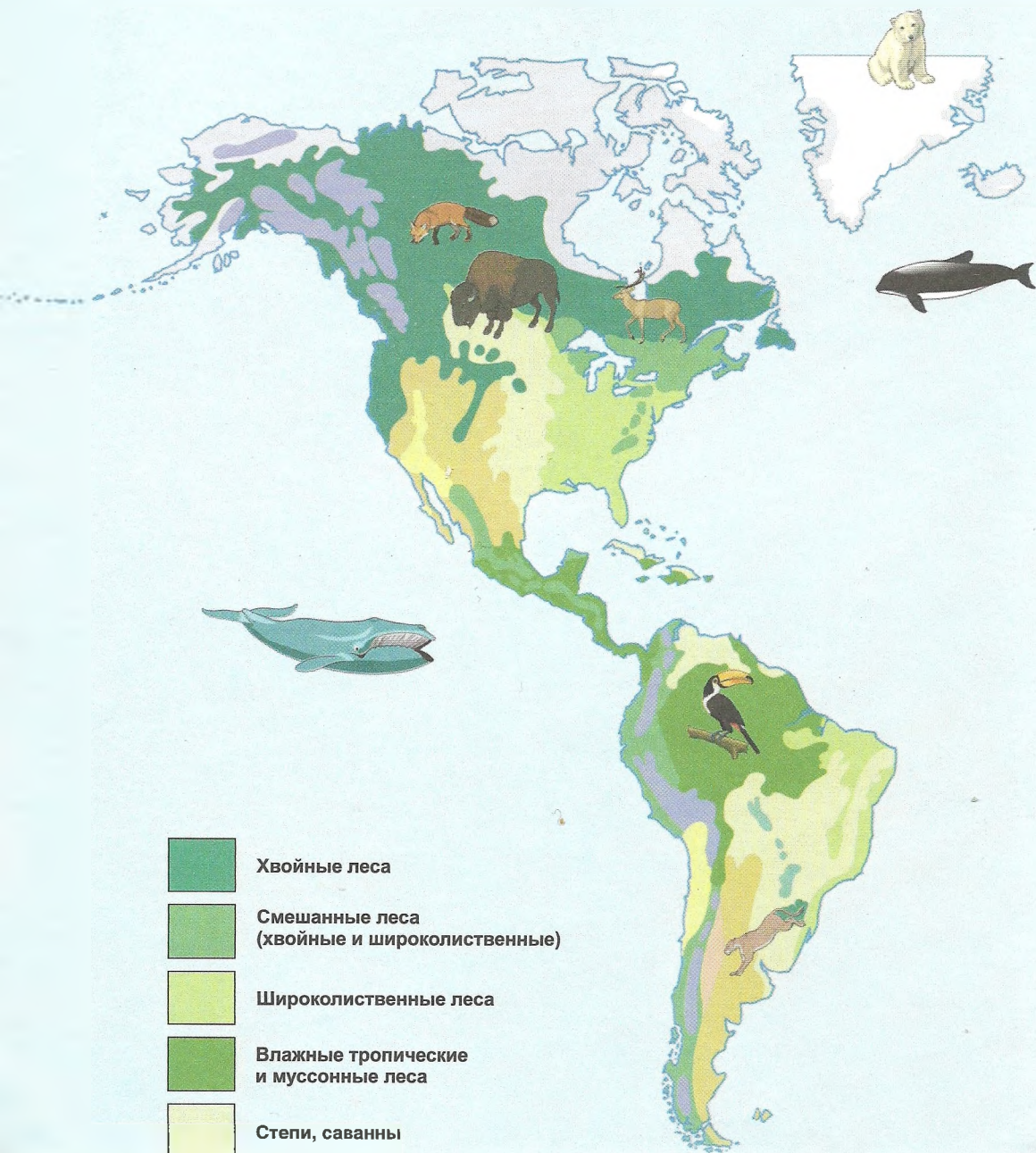


Л. В. Камлюк Н. А. Лемеза Н. Д. Лисов

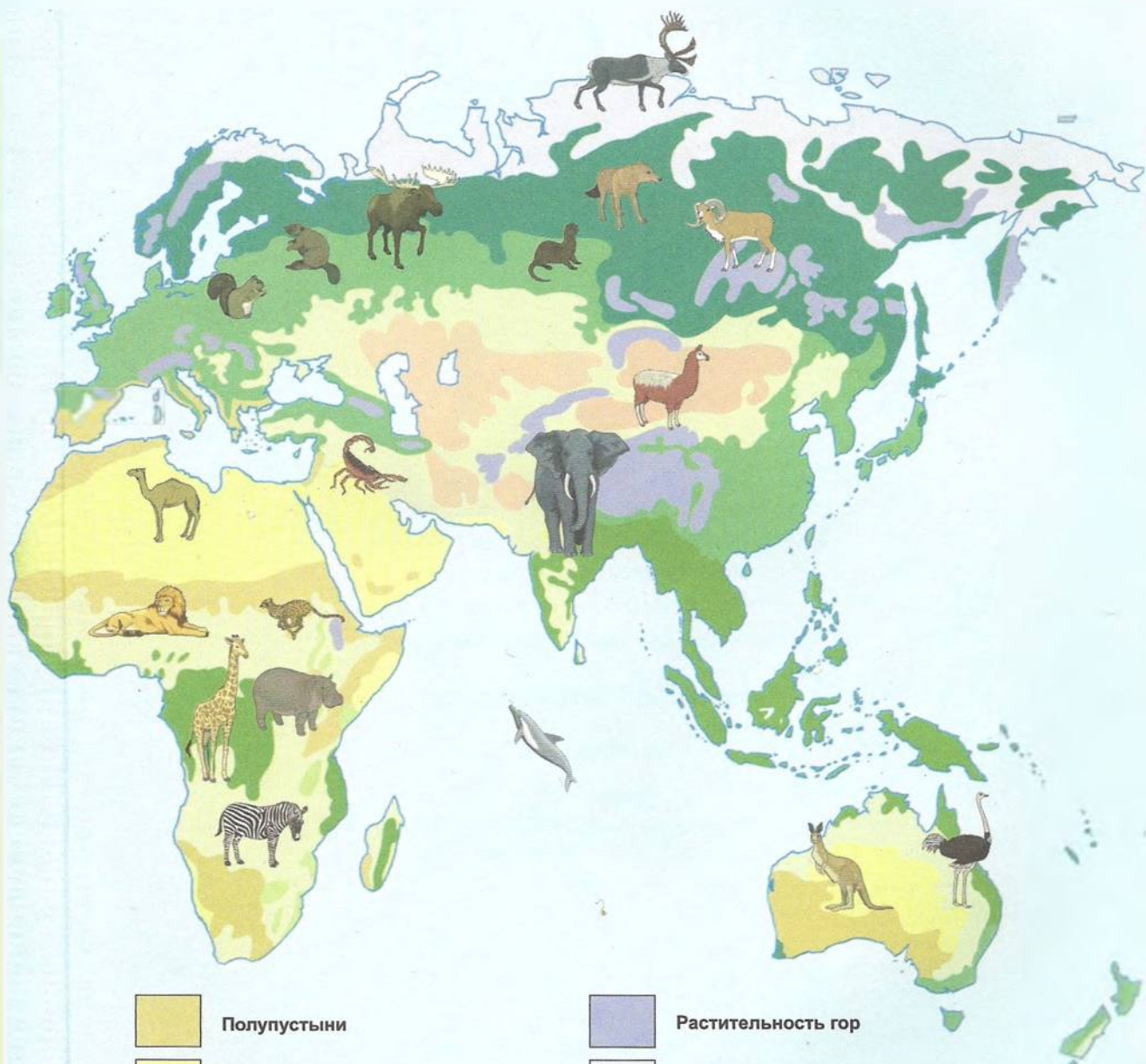
БИОЛОГИЯ

10





Ь НА ЗЕМЛЕ



- Полупустыни
- Жаркие пустыни
- Умеренные пустыни

- Растительность гор
- Тундра
- Ледники

Л. В. Камлюк Н. А. Лемеза Н. Д. Лисов

БИОЛОГИЯ

10



Учебное пособие для 10 класса
общеобразовательных учреждений
с русским языком обучения
с 12-летним сроком обучения
(базовый и повышенный уровни)

Под редакцией Л.В. Камлюк

2-е издание

*Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь*

Минск
«Народная асвета»
2007

УДК 57(075.3=161.1)

ББК 28.0я721

К18

Рецензенты:

кафедра зоологии и охраны природы Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины (зав. каф., доктор биол. наук, проф., член-кор. НАН Беларуси *Г. Г. Гончаренко*; доц., канд. биол. наук *И. Ф. Рассашко*); учитель биологии высшей категории гимназии № 1 им. Ф. Скорины г. Минска *Л. С. Мицкевич*

© Камлюк Л. В., Лемеза Н. А., Лисов Н. Д.,
2006

© Оформление. УП «Народная асвета»,
2007

ISBN 978-985-12-1761-4



Дорогие друзья!

В предыдущих классах на уроках биологии вы познакомились с миром живых организмов разных царств: бактериями, протистами, грибами, растениями и животными. Вы изучили особенности их строения и жизнедеятельности в связи с разнообразными условиями, в которых они обитают. Вы уже знаете, что тот или иной вид животных или растений встречается не повсеместно. Одни растения растут только по берегам водоемов, другие — под пологом леса. Рыбак не рассчитывает поймать сазана в горной реке, а форель — в заросшем пруду с илистым дном. Каждый из вас знает также, что в Арктике не водятся львы, а в Сахаре нет белых медведей. Это объясняется тем, что там они не находят необходимых для своего существования условий.

Изучили вы и организацию человека как биологического и социального существа. Вы уже знаете, что человек выделяется из мира живых организмов наличием разума, мышления, способностью к творчеству. Благодаря мощному арсеналу технических средств, созданных людьми, ни один из живых организмов планеты не обладает такими колоссальными возможностями воздействия на природную среду, как человек.

Как же взаимодействуют между собой и средой обитания такие разные по строению, функциям и многочисленным по числу особей живые организмы? Какие связи удерживают их друг возле друга? Благодаря чему они образуют устойчивые, длительно существующие сообщества? Почему на планете Земля такое разнообразие сообществ живых организмов? По каким законам живет природа, чтобы существовать постоянно? Какую роль играет человек в жизни природы? Соблюдает ли человек законы природы, являясь ее частью? Почему у человека с природой в настоящее время возник конфликт? Какой выход из создавшегося положения существует?



Все эти важные вопросы изучает наука экология, с основными законами которой вы познакомитесь в этом году.

Данное учебное пособие рассчитано на базовый и повышенный уровни изучения биологии. Материал повышенного уровня обозначен звездочками (*) в начале и в конце параграфа или его части. По некоторым темам приведен дополнительный материал, обозначенный значком .

После параграфов имеются вопросы (отмечены значком ) , которые помогут вам выяснить, хорошо ли усвоен материал параграфа. Вопросы повышенного уровня обозначены *.

Важную информацию содержат форзацы учебного пособия — обратите на них особое внимание.

При чтении параграфов обязательно изучайте иллюстрации. Они помогут вам лучше разобраться в достаточно сложном, но важном и интересном материале учебного пособия.

Желаем успехов!

Авторы



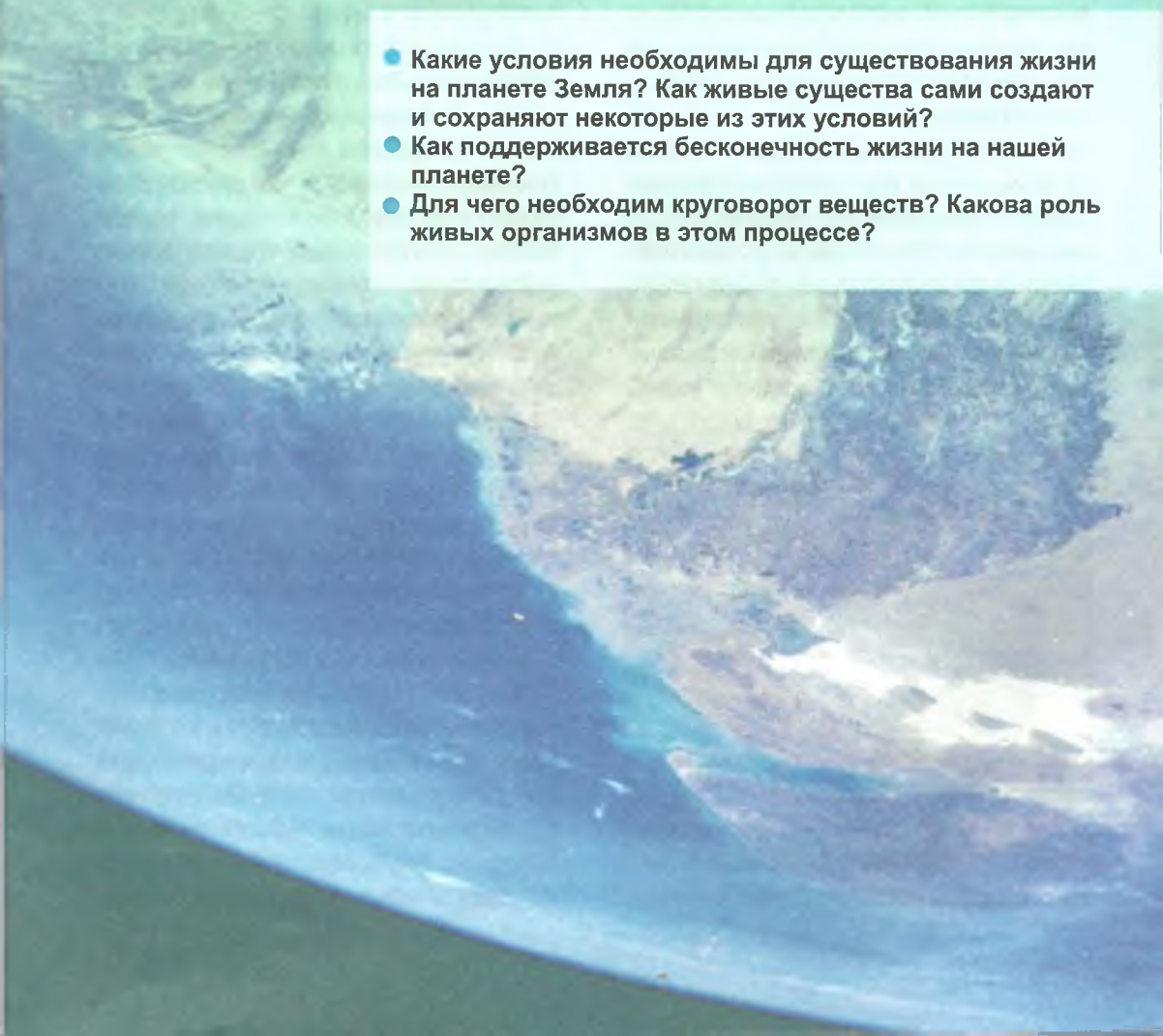
Глава 1

БИОСФЕРА — ЖИВАЯ ОБОЛОЧКА ПЛАНЕТЫ

«Каждое живое существо построено из живых частей и само входит как органическая часть в состав высшего целого, более сложной живой системы. Наиболее сложной из всех систем является живой покров Земли, включающий все живые существа нашей планеты. Эта система — биосфера».

В. Н. Беклемишев

- Какие условия необходимы для существования жизни на планете Земля? Как живые существа сами создают и сохраняют некоторые из этих условий?
- Как поддерживается бесконечность жизни на нашей планете?
- Для чего необходим круговорот веществ? Какова роль живых организмов в этом процессе?



1. Биосфера и ее границы

Биосфера — активная оболочка Земли. Планета Земля — уникальное космическое тело в Солнечной системе. Некоторые другие планеты сходны с Землей (рис. 1) по строению и имеют ядро, мантию, кору и атмосферу. Но только на Земле существует жизнь в самых разнообразных ее проявлениях. Поразительно многообразие земных живых существ: от микроскопических организмов до млекопитающих и человека, наделенного разумом.

Неповторимый лик нашей планеты на протяжении миллионов лет формировался при активном участии живых организмов. Пространство, занимаемое ими на земном шаре, сравнительно невелико. Однако при осуществлении процессов жизнедеятельности живые организмы оказывают на него разно-

образное, часто противоположное влияние. Например, зеленые растения в процессе фотосинтеза обогащают среду обитания кислородом, а животные при дыхании — углекислым газом. Растения извлекают огромное количество углерода из атмосферы и гидросферы, а микроорганизмы, разлагая мертвое органическое вещество, возвращают большую часть углерода обратно.

Внешнюю оболочку Земли, населенную живыми организмами, принято называть **биосферой** (греч. *bios* — жизнь и *sphaira* — сфера, шар). Биосфера отличается от других сфер Земли тем, что в ее пределах проявляется геологическая (планетарная) деятельность живых существ: растений, животных, микроорганизмов. А на нынешнем этапе истории Земли к ним присоединился человек.

Термин «биосфера», как внешняя сфера Земли, занятая жизнью, предложил австрийский геолог Э. Зюсс в 1875 г., но не дал ему четкого научного определения. С понятием «биосфера» он связывал только наличие в трех земных оболочках (литосфере, гидросфере и атмосфере) живых организмов.

Спустя полвека русский геохимик академик В. И. Вернадский, творчески развив идею о планетарной роли живых организмов, высказанную его предшественниками, создал учение о биосфере. Его основные положения он изложил в книге «Биосфера», издан-

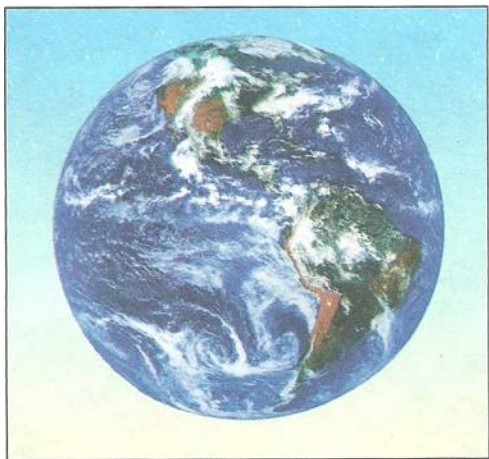


Рис. 1. Планета Земля



ной в 1926 г. Совокупность всех живых организмов Земли В. И. Вернадский назвал **живым веществом**. Он впервые стал рассматривать живое вещество как один из равноправных компонентов внешней оболочки планеты, который не только присутствует в ней, но и активно преобразует неживые компоненты. По В. И. Вернадскому, живым организмам отводится роль главной преобразующей геохимической силы не только в настоящее время, но и в прошлые исторические периоды. Поэтому под **биосферой** В. И. Вернадский понимал **внешнюю оболочку Земли, в пределах которой существует или когда-либо существовала жизнь и которая постоянно подвергается или подвергалась ранее воздействию живых организмов**. Благодаря их большому разнообразию и широкому распространению, высокой химической активности и длительности существования в истории Земли на нашей планете нет более мощной геологической (средообразующей) силы, чем живые организмы.

Облик нашей планеты, состав ее атмосферы и гидросферы, толщи осадочных пород, залежи полезных ископаемых — все это результат длительного воздействия живых организмов и продуктов их жизнедеятельности на среду обитания. Эта преобразующая способность живых организмов связана с их уникальными свойствами. Одно из них — высокая скорость протекания в их клетках хи-

мических реакций благодаря участию биологических катализаторов (ферментов).



Так, жиры и углеводы окисляются в организме при температуре около 36 °С, а вне его — при температурах 400—500 °С. Синтез аммиака из молекулярного азота в промышленных условиях осуществляется при температуре 500 °С и давлении 300—500 атм. Микроорганизмы с легкостью проводят эту реакцию при обычных температурах и атмосферном давлении.

Протяженность биосферы и ее границы. Живым организмам для существования необходим комплекс определенных физико-химических условий. Наиболее значимыми из них являются следующие.

1. Достаточное количество влаги. Этого ресурса на нашей планете достаточно. Лишь немногие зоны суши характеризуются недостатком влаги.

2. Достаточное количество кислорода и углекислого газа. Все живые организмы планеты приспособились к современному составу и давлению воздуха. Чем выше от уровня моря, тем более разрежен воздух, тем меньше в нем кислорода и углекислого газа. Поэтому на больших высотах нет живых организмов.

3. Оптимальный температурный режим, при котором ферменты (ускорители биохимических реакций) могут нормально работать.

4. Наличие достаточного количества элементов минерального питания. В зонах с их недостатком (открытый океан) жизнь развита слабо.



5. Определенная соленость водной среды. Этот фактор сильно влияет на способность клеток удерживать воду. Поэтому в водоемах с соленостью воды выше 270 ‰ жизнь практически отсутствует.

Названные условия во многих районах Земли ограничивают возможность существования живых организмов.

На Земле различают три геосферы, в пределах которых существует жизнь, — тропосферу, литосферу и гидросферу (рис. 2).

Атмосфера (греч. *atmōs* — пар, *sphāira* — шар) — воздушная оболочка Земли, состоящая из смеси азота (78,08 %), кислорода (20,95 %), аргона (0,93 %), углекислого (0,03 %) и остальных газов — 0,01 %. Важней-

шей составляющей атмосферы являются водяные пары, которые находятся в нижнем 20-километровом слое. Водяной пар вместе с углекислым газом, метаном и некоторыми другими примесями участвуют в сохранении тепла в приземном слое атмосферы, обеспечивая **парниковый эффект**.

Нижней границей атмосферы является поверхность суши и гидросферы. По мере удаления от них постепенно уменьшается плотность атмосферы. Около 50 % всей воздушной массы сосредоточено в приземном 5-километровом слое, а 99 % — в 30-километровом.

Область биосферы простирается лишь в нижнем слое атмосферы — **тропосфере** (греч. *trōpos* — перемена, *sphāira*). Высота тропосферы изменяется от 8—10 км в полярных широтах до 16—18 км на экваторе. Над тропосферой располагается **стратосфера** (лат. *stratum* — слой, *sphāira*) высотой вблизи экватора до 50—55 км. Здесь в слое 15—25 км под влиянием коротковолновой части ультрафиолетовых лучей солнечного спектра свободный кислород превращается в озон ($3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$). Озоновый экран защищает живые организмы планеты от воздействия губительных ультрафиолетовых лучей. Поэтому верхним физическим пределом распространения жизни в атмосфере является нижняя граница озонового слоя, т. е. высота около 15 км.

Жизнь в атмосфере не может существовать без связи с двумя другими

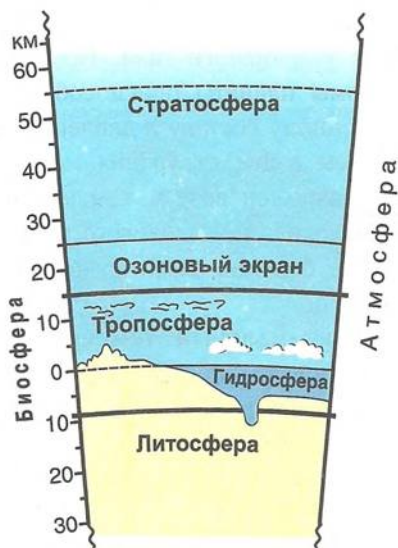


Рис. 2. Геосферы Земли



оболочками Земли — литосферой и гидросферой. Тропосфера — это место временного пребывания летающих или подхваченных воздушными потоками с поверхности земли организмов, спор, пылицы. Следовательно, у атмосферы нет своих постоянных жителей, а имеются только временные «пришельцы» из других областей биосферы. В этом и заключается своеобразие жизни в тропосфере (ее лишь условно можно отнести к биосфере).

Литосфера (греч. *litos* — камень, *sphaira*) — внешняя твердая оболочка планеты. Граница распространения живого вещества в литосфере не опускается ниже 3—4 км. Зарегистрированы случаи нахождения микроорганизмов в нефтеносных слоях, добытых с таких глубин при бурении. Наибольшая плотность живого вещества в литосфере отмечается в поверхностном слое земной коры — почве. Там обитают дождевые черви, личинки и куколки многих насекомых, медведки, кроты и некоторые другие животные.

Гидросфера (греч. *hýdōr* — вода, *sphaira*) — представляет собой прерывистую оболочку планеты, включающую все ее воды, которые могут двигаться под влиянием гравитационной силы и тепла. Гидросфера представлена совокупностью поверхностных (океаны, моря, озера, реки, болота, ледяные покровы) и подземных вод. Она отличается высокой динамичностью, движущей силой которой служит круговорот воды. Гидросфера

находится в тесной взаимосвязи с литосферой (подземные воды) и атмосферой (водяной пар).

Гидросфера занимает около 71 % площади Земли. Масса гидросферы распределена очень неравномерно: 97 % — Мировой океан, 2,25 % — материковые льды и лишь 0,75 % приходится на реки, озера, водохранилища и воду, входящую в состав живых организмов.

Живые организмы населяют всю толщу гидросферы вплоть до максимальных глубин. Так, в 1960 г. с помощью батискафа на дне Марианского желоба (10,919 км), где давление составляет почти 1100 атм., были обнаружены живые организмы. Однако наибольшее их количество приходится на поверхностные слои вод и прибрежье, освещаемые и прогреваемые солнцем.

Зоны непосредственного контакта и активного взаимодействия литосферы, атмосферы и гидросферы плотнее всего заселены живыми организмами. Здесь создается комплекс наиболее благоприятных условий для жизни — оптимальные температура, влажность, содержание кислорода и необходимых для жизнедеятельности элементов минерального питания. Именно в этих зонах происходит непрерывный и интенсивный обмен веществами и потоками энергии между сушей, атмосферой, водой и организмами. Источником энергии для всех этих процессов является Солнце.



1. Объясните, почему В. И. Вернадский считал возможным называть все живые организмы, независимо от их классификации и функций, «живым веществом». **2.** В чем заключается основная суть понятия «биосфера» по В. И. Вернадскому? **3.** Какие основные условия необходимы живым организмам для заселения разных зон планеты? **4.** Что ограничивает распространение жизни в атмосфере? **5.** Какая из геосфер планеты полностью заселена живыми организмами? **6.** Какие зоны планеты заселены живыми организмами с наибольшей плотностью? Почему?

*2. Биосфера и космос

Земная атмосфера в процессе эволюции постоянно изменялась. Первоначальные атмосферные слои Земли значительно отличались от современных. Основная часть газов образовывалась в результате извержения вулканов. В первичную атмосферу Земли входили водяной пар, водород, оксиды углерода (II и IV), метан и азот.

Большая часть компонентов первичной земной атмосферы, в том числе и водорода, давно ушла в космическое пространство. Им на смену пришли газы из внутренней части планеты. Например, диоксид серы, водяной пар и др. Атмосфера обогатилась кислородом и приобрела современный состав в результате фотосинтеза и взаимодействия с живыми организмами.

Энергия космоса и ее использование. С точки зрения физики Солнце — это сверхмощный природный термоядерный реактор. В нем проходят реакции превращения водорода в гелий с выделением большого количества энергии в виде излучений. Одним из них является *фотонное* излу-

чение — разновидность электромагнитных волн, переносящих энергию в пространстве строго определенными порциями — фотонами (квантами). Видимый свет, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения также являются электромагнитными.

Солнечная радиация, достигающая поверхности Земли, прежде всего является источником энергии для поддержания теплового и водного балансов. Своим неповторимым видом наша планета обязана именно энергии Солнца. Энергия квантов света используется фотоавтотрофными организмами биосферы для создания первичного органического вещества, что в конечном итоге формирует среду, пригодную для жизни огромного числа живых организмов.

Составляющие баланса солнечной энергии, поступающей в биосферу, приведены в таблице 1.

Как видим, лишь 0,8 % лучистой энергии Солнца преобразуется в энергию химических связей органических молекул в процессе фотосинтеза. Примерно 69 % солнечной энер-



Таблица 1. Баланс солнечной энергии
(в % от годового поступления в биосферу)

Составляющие баланса	Доля, %
Отражение	30
Превращение в тепло	46
Испарение, осадки	23
Ветер, волны, течения	0,2
Фотосинтез	0,8

гии превращается в тепловую, затрачивается на испарение, осадки, ветер, течения. Эта энергия не теряется напрасно, так как именно она участвует в формировании климата и погодных особенностей в различных регионах планеты. Разнообразие климатических условий создает широкие возможности для жизни.

На формирование климата прежде

всего оказывают влияние особенности светового режима, распределение тепла и влаги в годовом и суточном циклах.

Солнечный свет и его составляющие. Солнечная радиация представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны от 0,1 до 20—30 мкм. В жизнедеятельности организмов главную роль играет коротковолновая область спектра с длиной волны 0,4—4 мкм. Ультрафиолетовые лучи с длиной волны менее 0,29 мкм губительны для живых организмов. Они поглощаются озоновым слоем и до поверхности Земли не доходят.

Электромагнитные волны разной длины оказывают различное биологическое действие на живые организмы (табл. 2, рис. 3).

Таблица 2. Спектральный состав коротковолновой солнечной радиации и его биологическое действие

Спектральный состав	Длина волн, мкм	Доля, %	Биологическое действие
<i>Ультрафиолетовое излучение</i> (без коротковолновой области от 0,1 до 0,29 мкм)	0,29—0,4	9—10	Бактерицидное, мутагенное. Способствует синтезу у растений некоторых витаминов, пигментов, у животных — витамина D. Многими насекомыми используется в пространственной ориентации
<i>Видимый свет</i> — физиологически активная радиация (ФАР)	0,4—0,71	45—46	Источник энергии для фотохимических реакций при синтезе первичного органического вещества. Сигнальное действие в регуляции многих физиолого-биохимических процессов и поведения. Формообразующее — у растений
<i>Инфракрасное излучение</i>	0,71—4,0	45	Основной источник тепла для большинства живых организмов

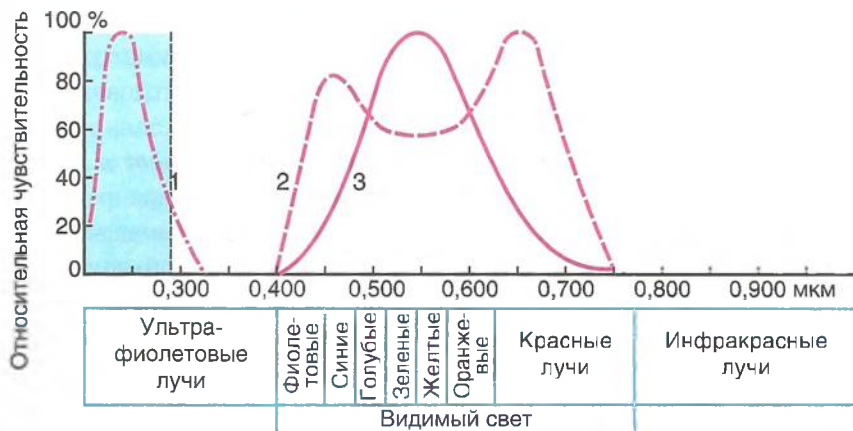


Рис. 3. Биологическое действие разных участков спектра солнечного излучения: 1 — разрушение структуры белка (*денатурация*); 2 — интенсивность фотосинтеза пшеницы; 3 — чувствительность глаза человека (*голубым цветом показана область ультрафиолетового излучения, не проникающего сквозь атмосферу*)

Солнечная радиация, доходящая до поверхности Земли, состоит из прямых солнечных лучей (*прямая*), и рассеянной небосводом (*диффузной*) радиации.

Совокупность прямой и рассеянной долей солнечной радиации называется *суммарной* радиацией. В зависимости от географической широты, состояния атмосферы, рельефа местности и других особенностей наблюдаются заметные региональные и местные различия в величинах годовой суммарной радиации.

Прямая и рассеянная солнечная радиация определяет **световой режим** обитателей Земли. Соотношение между ними изменяется в зависимости от географической широты. Так, в полярных районах преобладает рассеянная радиация, составляющая около 70 % лучистого потока. В экваториальных областях

ее доля не превышает 30 %, что обусловлено прямым прохождением лучей через более тонкий слой атмосферы.

Тепловой режим биосферы.

Инфракрасные лучи являются важным источником тепла. У подавляющего большинства организмов тепло влияет на скорость процессов обмена веществ, развитие, поведение, на географическое распределение на планете. Мерой тепла является температура, диапазон изменчивости которой в водной и наземно-воздушной средах весьма велик (табл. 3).

Из данных таблицы видно, что наиболее стабильной является морская, а наиболее изменчивой — наземно-воздушная среда.

По обеспеченности наземных организмов теплом выделяют четыре основных термических пояса.

Таблица 3. Температурный диапазон активной жизни на Земле

Среда жизни	Максимум	Минимум	Амплитуда колебания температуры
Наземно-воздушная	55 °С	–70 °С	125 °С
Океан	35,6 °С	–3,3 °С	38,9 °С
Пресные водоемы	93 °С	0 °С	93 °С

1. Тропический пояс. Температура всегда выше 0 °С (за исключением высокогорных областей). Средняя температура самого холодного месяца +15...+20 °С. Амплитуда колебания температуры не превышает +5 °С. Vegetация растений круглогодичная (кроме засушливых областей).

2. Субтропические пояса. Температура самого холодного месяца выше +4 °С, самого теплого — выше +20 °С. Возможны кратковременные морозы. Устойчивый снежный покров зимой отсутствует. Для сельскохозяйственных культур существуют два вегетационных сезона — летний и зимний.

3. Умеренные пояса. Хорошо выражен летний вегетационный сезон и продолжительный зимний период покоя растений. Средняя продолжительность безморозного периода 70—80 суток. Для зимы характерен устойчивый снежный покров и морозы. Заморозки весной и осенью.

4. Холодные пояса. Заморозки возможны в течение всего вегетационного периода, продолжительность которого всего 1,5—2 месяца. Зима длинная, очень морозная.

Термические пояса заселены только

теми организмами, которые в ходе длительного процесса эволюции приобрели соответствующие приспособления (адаптации) для жизни в каждом из них.

Озоновый экран атмосферы.

Озоновый экран является мощной защитой от коротковолновой части ультрафиолетового излучения, которое губительно для всех наземных живых существ. Максимальное количество озона образуется в стратосфере на высоте 15—25 км. Одновременно там происходят три процесса:

1) энергия ультрафиолетовых лучей Солнца идет на расщепление молекулярного кислорода до атомарного ($O_2 \rightarrow O + O$);

2) атомарный кислород присоединяется к молекулярному с образованием озона ($O + O_2 = O_3$);

3) под воздействием ультрафиолетовых лучей озон присоединяет атомарный кислород с образованием двух молекул кислорода ($O_3 + O = 2O_2$).

Кислород атмосферы образуется фотосинтезирующими организмами. Поэтому правильным будет сказать, что само живое вещество создало для себя необходимые условия для поддержания собственной жизни на планете Земля.



1. Какие процессы в биосфере идут с использованием солнечной энергии?
2. Какие основные группы в спектральном составе солнечного света выделяют? Каково биологическое действие каждой из них?
3. Что такое прямая и рассеянная солнечная радиация?
4. Чем определяется световой режим живых организмов?
5. Какая из сред жизни и термических поясов планеты наиболее стабильна по температурному режиму?
6. Как достигается баланс между озоном и кислородом в озоновом слое атмосферы?*

3. Живое вещество биосферы

Условия жизни для организмов в биосфере чрезвычайно разнообразны, особенно они отличаются в наземной и водной средах. Поэтому выделяют континентальную и океаническую части биосферы.

Континентальная часть биосферы. Суша занимает 149 млн км², или 29 % всей площади планеты. Ее особенностью является крайняя неоднородность, выражающаяся в наличии широтной и высотной зональности.

Из курса географии вы знаете, что *широтная* зональность обусловлена шарообразностью нашей планеты и наклоном ее оси вращения, вследствие чего земная поверхность неодинаково обеспечивается теплом и влагой. Наибольшее количество тепла получают тропические и субтропические пояса, наименьшее — полярные. Для тундровой зоны характерен избыток влаги, а для пустынь — ее недостаток. Области умеренных широт характеризуются средними величинами тепла и водообеспечения.

Высотная зональность (рис. 4) континентальной части биосферы свя-

зана с тем, что с увеличением высоты местности воздух становится более разреженным. На больших высотах в воздухе меньше кислорода, углекислого газа, водяных паров, а температура ниже. Из-за недостатка углекислого газа и влаги нарушается нормальный ход процесса фотосинтеза, поэтому в горах на высотах более 6000 м высшие растения не произрастают.

Океаническая часть биосферы (гидросфера) занимает 361 млн км², или 71 % площади планеты. Определяющими факторами жизни организмов в ней являются солевой и газовый состав воды, содержание минеральных питательных веществ, давление столба воды, подвижность вод.

Океанической части биосферы также свойственна зональность. По условиям жизни особенно сильно различаются между собой полярные и экваториально-тропические зоны гидросферы, а также ее поверхностная часть, освещаемая и обогреваемая солнцем, и глубинная зона, куда солнечный свет не проникает — *вертикальная* зональность (рис. 5). Наи-

более благоприятна для жизни в гидросфере небольшая по площади (8 %) прибрежная зона. Она хорошо освещена и прогрета, обеспечена большим количеством элементов минерального питания, поступающих из донных отложений и с поверхности суши. Большая часть площади дна Мирового океана расположена на глубинах свыше 4000 м и около четверти площади — на глубинах более 5000 м. Температура здесь низкая (от $+0,5$ до $+4$ °C) и довольно постоянная. На морском дне накапливаются органические остатки в виде ила и других отложений.

***Распределение живого вещества в биосфере.** Общее количество живого вещества, выраженное в массе сухого вещества или энергии на единицу площади или объема среды обитания, называется **биомассой**. Единицами измерения биомассы служат г/м^2 , г/м^3 , кг/га , т/км^2 или Дж/м^2 , Дж/м^3 и т. д.

В таблице 4 представлены величины суммарных биомасс зеленых растений, животных и микроорганизмов и их соотношения в континентальной и океанической частях биосферы.

Как видим, жизнь сосредоточена главным образом на суше. Суммарная биомасса Мирового океана составляет всего 0,13 % биомассы всех существ, обитающих на Земле.

В континентальной части биосферы по массе преобладают растения, в океа-



Рис. 4. Высотная зональность континентальной части биосферы

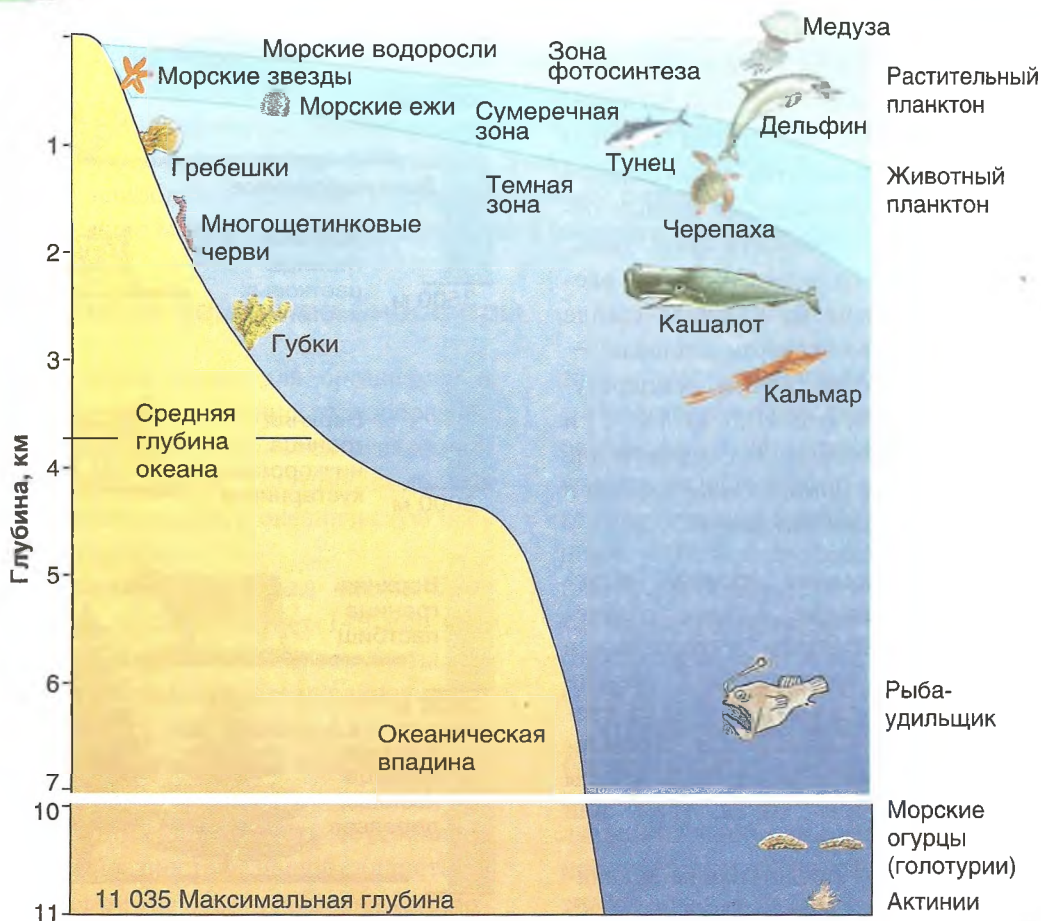


Рис. 5. Вертикальная зональность гидросферы океана

Таблица 4. Биомасса организмов Земли (млрд т сухого вещества)

Биомасса живых организмов				
	На континенте		В океане	
	Биомасса	Содержание (в %)	Биомасса	Содержание (в %)
Зеленые растения	2400,0	99,2	0,2	6,3
Животные и микроорганизмы	20,0	0,8	3,0	93,7
Всего	2420,0	100	3,2	100

нической — животные и микроорганизмы. Еще один важный вывод можно сделать из данных таблицы 4: живое вещество планеты сосредоточено в основном в зеленых растениях суши. Биомасса организмов, не способных к фотосинтезу, составляет менее 1 %.

Разнообразие форм живого вещества (биоразнообразие). Чтобы жизнь была устойчивым явлением на планете, она должна быть представлена значительным многообразием форм. Ученые предполагают, что за

все время существования жизни на Земле общее число видов, обитавших на ней в разные периоды, составило около 1 млрд. В современный период развития биосферы оно равно примерно 2 млн видов, которые объединены в пять уже известных вам царств: Бактерии, Протисты, Грибы, Растения, Животные.

Самым большим по числу видов (более 1,5 млн) является царство Животные (рис. 6). Оно примерно в 5 раз превосходит по численности видов

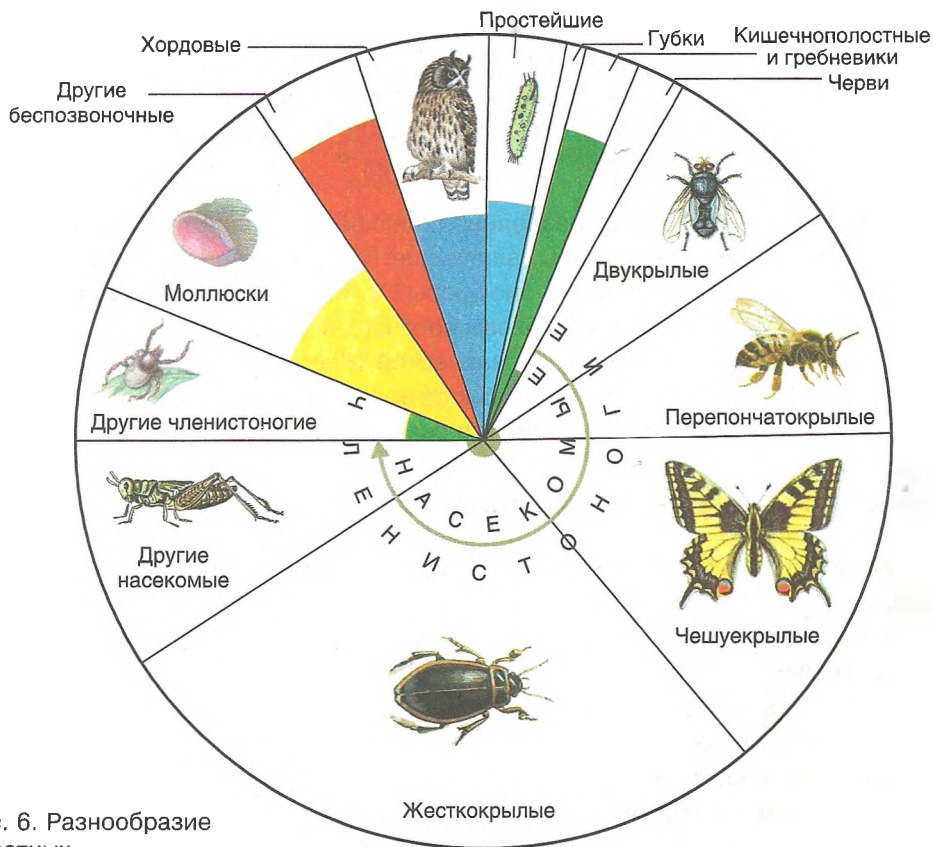


Рис. 6. Разнообразие животных



царство Растения. Животные планеты, следовательно, более разнообразны, чем растения. Ведущее положение среди животных занимают членистоногие, в частности насекомые, на долю которых приходится 75 % от общего числа видов. После членистоногих по численности видов следует группа моллюсков (около 130 тыс.), а за ними хордовые животные (около 40 тыс.). Около 50 % видов хордовых — представители надкласса Рыбы. Таким образом, наибольшее биоразнообразие отмечается среди наземных видов — насекомых.

В царстве Растения наибольшее число видов (около 250 тыс.) приходится на долю отдела Покрытосеменные, подавляющее большинство ко-

торых — наземные организмы. Представители царства Грибы насчитывают свыше 100 тыс. и занимают четвертое место. Вирусы являются неклеточными формами жизни и в эту классификацию не входят.

Расчет соотношений между числом видов наземных и водных организмов показывает, что доля видов наземных животных составляет 93 % от общего числа, а водных — только 7 %. Такое же соотношение видов характерно и для растений: 92 % наземных и 8 % водных. Результаты этих соотношений свидетельствуют, что наземная среда, как более разнообразная по условиям, дает большие возможности для образования и существования видов, чем водная.*



1. Что положено в основу деления биосферы на две структурные части?
2. Каковы основные факторы, влияющие на распределение живого вещества в континентальной части биосферы?
3. Какие условия определяют зональность гидросферы?
- 4*. Каковы соотношения между биомассами зеленых растений и животных в океанической и континентальной частях биосферы?
- 5*. В какой из частей биосферы самое большое разнообразие видов живых организмов? С чем это связано?

4. Вещество и его передвижение в биосфере

Химический состав живого вещества. Как указано в таблице 4, общая сухая масса живого вещества планеты в современную эпоху близка к 2420 млрд т. Эта величина ничтожно мала по сравнению с массой любой из верхних оболочек земного шара. Однако в качественном отношении живое вещество представляет собой часть

материи Земли, наиболее активно взаимодействующую с веществом неживой среды. Это возможно только при сходстве химического состава живого вещества и земной коры (рис. 7).

*Основу химического состава земной коры определяют восемь элементов: O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K.



При этом ведущим и наиболее распространенным является кислород. Он составляет едва ли не половину массы земной коры и 92 % ее объема. Кислород химически прочно связан с другими элементами в главных породообразующих минералах.

В живых организмах обнаружено более 70 химических элементов. Процентное содержание важнейших из них представлено в таблице 5.

Из таблицы видно, что семь химических элементов клетки (O, C, H, N, Ca, P, S) в сумме составляют около 97 % ее химического состава. Главные составные части живого вещества — это элементы, широко распространенные и в неживой природе. Элементарный состав живого вещества отличается от состава земной коры высоким содержанием углерода. По содержанию других элементов организмы не повторяют состав среды своего обитания. Они избирательно и в необходимых количествах поглощают нужные для построения своих тканей элементы. Так, в растениях по сравнению с литосферой содержится примерно в 1,5 раза больше кислорода, в несколько раз больше азота и в десятки раз больше углерода и водорода. В организме животных по сравнению с литосферой содержание азота, углерода, водорода в десятки раз больше; фосфора, серы — в несколько раз; кислорода — в 1,5 раза больше.

Каждый химический элемент в живом организме выполняет опреде-

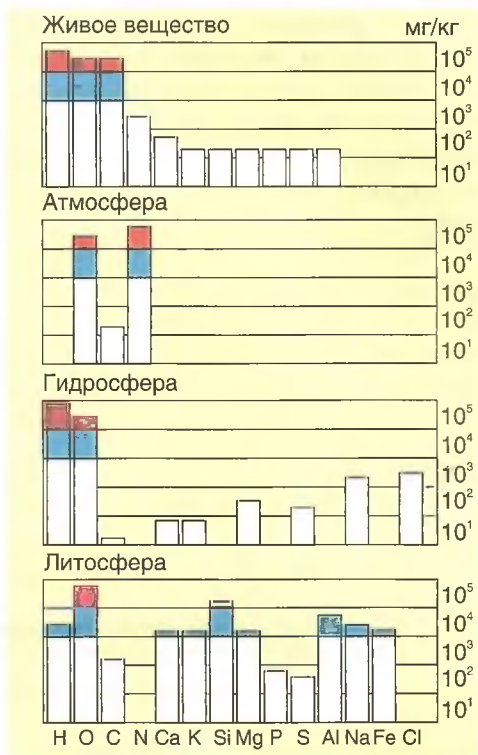


Рис. 7. Химические элементы в живом веществе, атмосфере, гидросфере и литосфере

Таблица 5. Химические элементы клетки и их среднее содержание (в весовых %)

Элемент	%	Элемент	%
O	60—65	Mg	0,07
C	18—20	I	0,01 и меньше
H	8—10	Fe	—
N	3	Cu	—
Ca	1,5—2,5	Mn	—
P	1	Mo	—
S	0,5	Co	—
K	0,25	B	—
Cl	0,2	Zn	—
Na	0,1	F	—



ленную функцию. Так, магний входит в состав молекул хлорофилла, в которых осуществляется процесс фотосинтеза, железо — в состав гемоглобина — дыхательного пигмента крови животных, сера — в состав белков и т. п.

Многие организмы способны избирательно накапливать в своем теле те или иные химические элементы. Так, морские водоросли накапливают йод, растения семейства астрагаловых — селен, мотыльковых — молибден, фиалки — цинк.*

После отмирания живых организмов и их разложения до минеральных веществ химические элементы воз-

вращаются в почву или водную среду, а оттуда вновь попадают в другие организмы, вовлекаясь таким образом в новый виток круговорота веществ.

Классификация живых организмов по типам питания. Питание является важнейшим способом передвижения вещества между различными организмами и организмами и неорганической средой. По типу питания организмы подразделяются на две группы: автотрофы и гетеротрофы (рис. 8).

Автотрофы (греч. *autōs* — сам, *trophē* — пища) — живые организмы, производящие (синтезирующие) все необходимые для жизни органические вещества из неорганических.

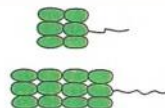
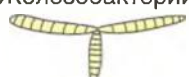
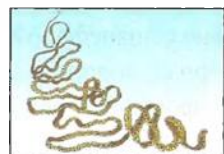
Типы	Способы		
Автотрофный	Фотоавтотрофный		
	Растения	Цианобактерии	Зеленые бактерии
			
	Хемоавтотрофный		
	Серобактерии	Железобактерии	
	 Субстрат		
Гетеротрофный	Голозойный	Сапротрофный	Паразитический
			

Рис. 8. Типы и способы питания живых организмов



В зависимости от источника энергии выделяют два способа питания автотрофов: фотоавтотрофный и хемоавтотрофный.

К фотоавтотрофам относятся организмы, содержащие хлорофилл, с помощью которого они используют энергию Солнца для синтеза органических веществ из углекислого газа и воды (серобактерии вместо воды используют сероводород). К этой группе относится подавляющее большинство растений, многие протисты и некоторые бактерии. Побочным продуктом фотосинтеза у большинства фотоавтотрофов является O_2 .

К хемоавтотрофам принадлежит группа бактерий, образующих органические вещества за счет использования энергии химических реакций окисления простых неорганических веществ. К этой группе относятся железобактерии, бесцветные серобактерии, водородные бактерии и др.

Органическое вещество, создаваемое автотрофами, называется *первичным*, поскольку оно образовано из неорганического, а сами организмы — **первичными продуцентами**. Их роль в биосфере огромна, так как они являются первичными поставщиками органического вещества, которое затем используется всеми остальными живыми организмами — гетеротрофами.

Гетеротрофы (греч. *heteros* — другой, *trophē*) — **живые организмы, существующие за счет потребления готовых органических веществ**. К ге-

теротрофам относятся все животные и человек, грибы, а также растения и микроорганизмы, не обладающие способностью к фотосинтезу и хемосинтезу. Органическое вещество, образуемое гетеротрофами, называется *вторичным*, а сами организмы — **консументами (потребителями)**.

Выделяют несколько способов гетеротрофного питания.

Голозойный (греч. *hōlos* — весь, *zōon* — животное) — пища захватывается организмом внутрь тела, переваривается, расщепляясь до простых соединений, которые затем всасываются, и усваивается. Непереваренные остатки пищи удаляются из организма в окружающую среду. Голозойный способ питания характерен для большинства животных.

Животные, питающиеся растительной пищей, называются *растительными* (*травоядными*), питающиеся другими животными, — *плотоядными*, питающиеся как растительной, так и животной пищей, — *всеядными*.

Сапротрофный (греч. *saprós* — гнилой, *trophē*) — организмы используют для своего питания органические вещества мертвых тел и выделения (экскременты) животных. Сапротрофные организмы выделяют пищеварительные ферменты непосредственно на продукты питания, которые под их воздействием расщепляются до более простых веществ, а затем всасываются и усваиваются. К сапротрофам



относится большинство бактерий и грибов.

Паразитический (греч. *parāsitos* — нахлебник, тунеядец) — организм-паразит живет за счет питательных веществ организма-хозяина. Этот способ характерен для многих бактерий (*дифтерийная* и *столбнячная палочки*, *стафилококк*, *холерный вибрион* и др.), протистов (*малярийный плазмодий*, *трихомонада*, *лямблия*), животных (*сосальщики*,

ленточные черви, *аскариды* и др.), высших растений (*повилика европейская*, *заразиха*, *Петров крест*, *раффлезия*) и грибов.

Существует группа организмов, которые в зависимости от условий обитания могут менять тип питания. Например, на свету эвглены — типичные фотоавтотрофы, а при недостатке света начинают питаться готовым органическим веществом. Такой тип питания называют **автогетеротрофным**.



1. Какие химические элементы преобладают в живом веществе биосферы?
2. В чем заключаются сходство и различие химического состава живого вещества и земной коры?
3. Каков основной способ движения вещества в биосфере?
4. В чем состоит принципиальное отличие автотрофного и гетеротрофного типов питания?
5. Какие источники энергии используют автотрофные организмы для синтеза органических веществ?
6. Какие способы гетеротрофного питания живых организмов существуют?

*5. Свойства живого вещества

Центральным звеном биосферы является **живое вещество**, которое обладает рядом особых свойств. Благодаря им уникальность живого вещества планеты Земля заключается в следующем.

1. Живое вещество биосферы таит в себе огромную энергию, способную производить работу. Такие свойства живых организмов, как размножение, рост, развитие, питание, движение, дыхание, являются проявлениями этой работы.

2. Скорость протекания химических реакций в живых организмах благодаря

участию **биологических катализаторов — ферментов** — в сотни, тысячи раз **больше**, чем при производстве этих же веществ химическими методами.

3. Химические соединения, входящие в состав живого вещества (белки, жиры, углеводы и др.), **устойчивы только в живых организмах**. Благодаря саморегуляции живые организмы способны поддерживать постоянный химический состав и условия внутренней среды, несмотря на значительные изменения внешней среды. После отмирания организмов эта способность утрачивается, а



органические остатки быстро разрушаются и включаются в круговороты веществ.

4. Живому веществу свойственна **подвижность**. В. И. Вернадский выделял две формы подвижности: пассивное и активное движение. Для организмов всех царств характерны размножение и рост, или *пассивное* движение.

Активное движение осуществляется за счет направленного перемещения организмов. Оно характерно для большинства животных, некоторых бактерий и протистов. Благодаря разным формам движения живое вещество способно заполнять собой все пространство. Этот процесс В. И. Вернадский назвал **давлением жизни**.

5. Живые организмы более разнообразны как по внешнему строению, так и по химическому составу, чем неживые природные тела. Так, внешнее различие между бактерией и слоном намного больше, чем между самыми разными неживыми объектами. Известно несколько миллионов видов органических веществ, входящих в состав живого вещества, в то время как количество природных неорганических соединений (минералов) составляет всего около 2 тыс.

6. Живое вещество представлено в биосфере отдельными телами — **индивидуальными организмами**, размеры которых колеблются от 01 мкм у наиболее мелких бактерий до 120 м у растений. Таким образом, диапазон

различий в размерах живых организмов составляет более 10^9 .

7. Будучи индивидуальными, живые организмы никогда не существуют в виде отдельных популяций (совокупности организмов одного вида): они всегда представлены сообществами разных видов — **биоценозами**. Между членами биоценозов существуют разнообразные формы взаимодействия, главными из которых являются **пищевые**.

8. Живые организмы существуют на Земле в форме непрерывного чередования поколений, что способствует их обновлению. Самую большую скорость размножения, а следовательно, и самую большую скорость передачи и перераспределения химических веществ, из которых они состоят, имеют микроорганизмы — бактерии, протисты. Подсчитано, что в среднем для биосферы скорость обновления живого вещества составляет 8 лет, при этом для наземных организмов — 14 лет, а для водных, где преобладают организмы с коротким периодом жизни (например, растительный и животный планктон), — 33 дня. В результате высокой скорости обновления за всю историю существования жизни общая масса живого вещества, прошедшего через биосферу, примерно в 12 раз превышает массу Земли. Только небольшая его часть законсервирована в виде органических или минеральных залежей, остальная же включилась в процессы круговорота веществ.



9. Для живого вещества характерна **способность к эволюционному процессу**, благодаря которому происходит нарушение абсолютного копирования предыдущих поколений. Эта способность позволяет живым организмам приспосабливаться к изменению условий существования.

10. Живое вещество, в отличие от неживого, **постоянно совершает геохимическую работу**. Так, 1 г архейского гранита (из древних слоев земной коры) и сейчас остается 1 г этого же вещества. А живое вещество той же массы (1 г) в течение миллиардов лет существовало за счет смены поколений живых организмов и производило геохимическую работу. Она заключалась в вовлечении разнообразных химических элементов из земной коры в состав тел живых ор-

ганизмов, а после их отмирания и разложения — в повторном возвращении в земную кору. Соответственно и масса вещества, переработанного (вовлеченного и возвращенного) живыми организмами, намного превышает их собственную массу.

Таким образом, на планете Земля нет более активного и мощного вещества, чем живое. При участии живых организмов образовались и образуются каменный уголь, нефть, торф, мел, известняк и другие вещества, названные В. И. Вернадским **биогенным** (т. е. рожденным жизнью) **веществом** биосферы. Живые организмы участвуют и в образовании **биокосного вещества**, т. е. преобразованного жизнью неживого (косного) вещества — почти всех вод биосферы, приземной атмосферы, почвы.



1. Как вы понимаете свойство живого вещества производить работу?
2. Какие виды подвижности живого вещества выделял В. И. Вернадский?
3. Благодаря какому свойству живое вещество приспосабливается к изменению условий существования?
4. Какие новые типы веществ образовались на планете при участии живого вещества? Приведите примеры.*

6. Биогеохимические функции живого вещества

Чтобы лучше представить роль живых организмов, преобразующих лик планеты, В. И. Вернадский сводил всю их деятельность к выполнению девяти главнейших биогеохимических функций.

1. **Энергетическая функция** заключается в связывании солнечной энергии в процессе фотосинтеза,

осуществляемого фотоавтотрофными организмами с образованием органических веществ из углекислого газа и воды. Травоядные животные питаются растительной пищей и поедаются хищниками. Таким образом, солнечная энергия накапливается и перераспределяется между отдельными



компонентами биосферы. Фотоавтотрофные организмы являются первичными поставщиками энергии для всех других организмов биосферы. Благодаря выполнению этой функции на планете Земля осуществляются все жизненные процессы организмов всех царств.

2. Газовая функция заключается в способности изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом. Преобладающая масса газов на планете (азот, кислород, углекислый газ, сероводород, метан и др.) имеет биогенное происхождение. Важнейшими процессами газообразования являются фотосинтез и дыхание растений, животных и микроорганизмов, сопровождающиеся выделением и поглощением кислорода и углекислого газа. Фотосинтезирующие организмы сыграли решающую роль в формировании состава современной атмосферы.

3. Концентрационная функция связана со способностью организмов накапливать в своем теле больше некоторых химических элементов, чем их содержится в среде обитания. Например, диатомовые водоросли, кремневые губки накапливают кремний. Скелеты позвоночных животных содержат до 60 %, а раковины некоторых моллюсков — до 100 % фосфата кальция. Результатом концентрационной функции живого вещества является образование залежей горючих ископа-

емых, известняков, рудных месторождений и т. п.

4. Окислительно-восстановительная функция. Окислительно-восстановительные реакции лежат в основе процессов обмена веществ любого живого организма. Под влиянием живого вещества усиливаются процессы как окисления, благодаря обогащению среды кислородом, так и восстановления, когда идут процессы разложения органических веществ при недостатке кислорода. Восстановительные процессы обычно сопровождаются образованием и накоплением сероводорода и метана. Эти процессы делают практически безжизненными глубинные области болот, а также значительные придонные толщи воды (например, в Черном море).

5. Деструкционная функция связана со способностью живых организмов разрушать мертвое органическое вещество до минеральных веществ, способных вовлекаться в новый цикл круговорота. Огромное число сапротрофных организмов разлагает мертвое органическое вещество. Однако последнюю фазу разложения до простых минеральных веществ осуществляют бактерии и грибы. Именно в этом и состоит их главная биосферная роль.

Кроме разложения мертвого вещества органической природы, живые организмы способны разрушать и неорганические вещества — минералы, горные породы разного проис-



хождения. Так, некоторые виды *сверлящих цианобактерий* поселяются на карбонатных породах и играют значительную роль в возвращении в круговорот не только кальция, но и других жизненно важных элементов — магния и фосфора. Первопоселенцы на голых скалах — цианобактерии, лишайники и грибы — ведут с горными породами настоящую «химическую войну». В их арсенале растворы как неорганических кислот: угольной, азотной, серной (вплоть до 10-процентного раствора, способного прожечь бумагу!), так и органических. Разлагая те или иные минералы, организмы избирательно извлекают из них кальций, калий, натрий, фосфор, кремний, а также многие микроэлементы, тем самым вовлекая их в биотический круговорот.

Очевидно, что биосфера — это не только «фабрика» по производству сложных органических молекул, но и гигантская «мельница», которая безостановочно работает четвертый миллиард лет. В. И. Вернадский по этому поводу писал: «Мы не имеем на Земле более могучего дробителя материи, чем живое вещество».

6. Средообразующая функция заключается в преобразовании физико-химических параметров среды обитания живых организмов в результате их жизнедеятельности. Благодаря живым организмам в атмосфере произошло накопление кислорода. Они также оказывают влияние на наличие в

атмосфере углекислого газа, азота, метана, водорода. Огромное количество метана поступает из болот, а также при разложении органического вещества на городских свалках. Деятельность живых организмов сформировала современный состав атмосферы, от которого зависят радиационный и тепловой режимы на планете, спектральный состав достигающего поверхности Земли солнечного света. Растительный покров Земли существенно определяет водный баланс, распределение влаги и климатические особенности больших территорий. Особенно велика средообразующая роль лесов. Они регулируют водный режим рек и озер, повышают содержание влаги в атмосфере, охраняют поля от суховеев и пылевых бурь, очищают атмосферу от вредных газов и обогащают ее кислородом.

Живые организмы играют ведущую роль в самоочищении воздуха, рек и озер, от них во многом зависит солевой состав природных вод и распределение многих химических веществ между сушей и океаном. Благодаря совместной деятельности растений, животных и микроорганизмов создается почва и поддерживается ее плодородие.

Велика роль животных-землероев в почве: они перемешивают ее, рыхлят, обогащают кислородом, органическим веществом. Все это изменяет структуру почвы и условия жизни всех почвенных организмов.



***7. Транспортная функция** выражается в переносе вещества и энергии в результате активной формы движения организмов. Существенный вклад в вертикальное перемещение вещества в почве, как уже отмечалось, вносят роющие организмы, доставляющие на ее поверхность материал из подпочвенных горизонтов.

При миграциях и кочевках животных также осуществляются горизонтальный и вертикальный переносы веществ на значительные расстояния. Из пресных водоемов значительная часть вещества выносится на сушу полчищами крылатых насекомых, имеющих водных личинок (*комаров, стрекоз, поденок, веснянок*, некоторых видов *жуков, мух*).

Транспортную функцию осуществляют и растения путем поглощения и испарения (транспирации) почвенной влаги с минеральными веществами. Подсчитано, что при образовании каждого грамма биомассы высшие растения испаряют 100 г воды. Таким образом, и элементам минерального

питания растений также обеспечен биогенный транспорт.

8. Рассеивающая функция живого вещества является по своим результатам противоположной концентрационной. Например, рассеивание вещества происходит при выделении организмами экскрементов, гибели особей, при разного рода перемещениях в пространстве, смене покровов. Железо гемоглобина крови рассеивается, например, кровососущими насекомыми и т. п.

9. Информационная функция живого вещества связана с накоплением, закреплением и передачей наследственной информации последующим поколениям живых организмов. Это обеспечивает преемственность жизни и ее способность к адаптации в изменчивых условиях среды.*

Подчеркивая разнообразие стороны активности живых организмов, В. И. Вернадский писал: «Живое вещество охватывает и перестраивает все химические процессы биосферы. Организмы — самая мощная геологическая сила».



- 1.** Благодаря какой функции живого вещества образовались залежи горючих полезных ископаемых, известняков, руд?
- 2.** Какую роль играет выполнение деструкционной функции живого вещества в круговороте веществ?
- 3.** Как вы понимаете средообразующую функцию живого вещества? Поясните примерами.
- 4*.** Какая функция живого вещества по своим результатам является противоположной концентрационной?



7. Круговорот веществ в биосфере

Круговорот веществ — обязательное условие непрерывности жизни на планете. Запасы различных веществ на Земле огромны, но не бесконечны. Если бы минеральные элементы, необходимые для осуществления функций жизни, только потреблялись, жизнь давно должна была бы прекратиться. «Единственный способ придать ограниченному количеству свойство бесконечного, — писал почвовед академик В. Р. Вильямс, — это заставить его вращаться по замкнутой кривой». Таким образом, чтобы обеспечить длительность существования жизни, необходимо перемещение биологически важных веществ между литосферой, атмосферой, гидросферой и живыми организмами. Поэтому под **круговоротом веществ** понимают повторяющийся процесс превращения и перемещения веществ в природе, имеющий более или менее выраженный **циклический характер**.

В круговороте веществ принимают участие все живые организмы, поглощающие из внешней среды одни вещества и выделяющие в нее другие. Так, растения на свету потребляют из внешней среды углекислый газ, воду и минеральные соли и выделяют в нее кислород. Животные вдыхают выделенный растениями кислород. Поедая растения, они усваивают синтезированные органические вещества и вы-

деляют углекислый газ и неперева- ренные остатки пищи. При разложении бактериями и грибами отмерших растений и животных образуется дополнительное количество углекислого газа, а органические вещества превращаются в минеральные, которые попадают в почву или водоемы и снова используются растениями. Таким образом, химические элементы, из которых состоят поглощаемые и выделяемые вещества, постоянно совершают миграцию из одного организма в другой, из почвы, атмосферы и гидросферы в живые организмы, а из них в среду их обитания. Эти процессы повторяются бесчисленное число раз.



Подсчитано, что весь атмосферный кислород проходит через живое вещество за 2 тыс. лет, весь углекислый газ — за 200—300 лет. Вся вода океанов, морей и рек разлагается и восстанавливается в биотическом круговороте за 2 млн лет. Следовательно, за все время существования жизни на Земле не только углекислый газ и кислород, но и вся вода прошли через живое вещество не одну тысячу раз.

Круговорот веществ, как и все происходящие в природе процессы, требует постоянного притока энергии. Ее источником является лучистая энергия Солнца. Таким образом, жизнь на Земле поддерживается только при условии постоянного круговорота веществ и притока солнечной энергии.

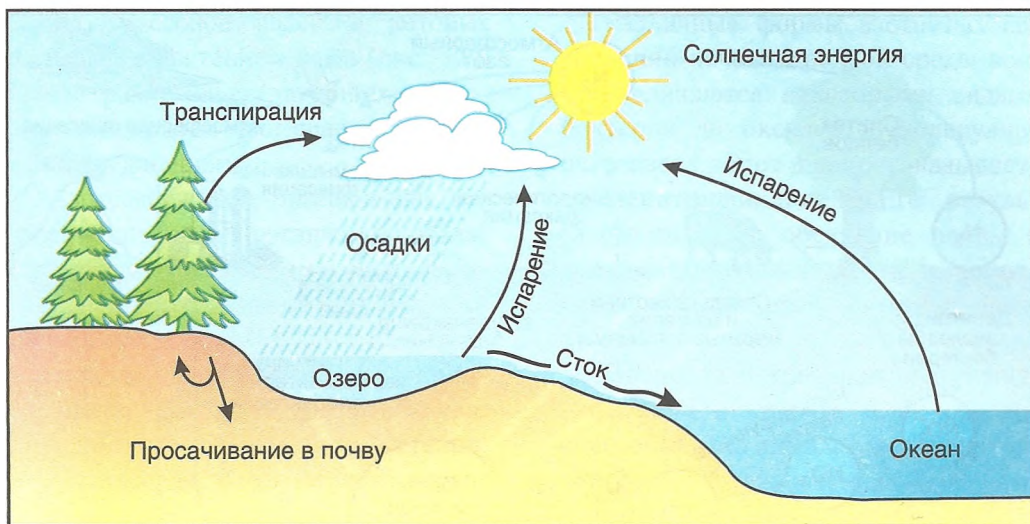


Рис. 9. Круговорот воды

Солнечная энергия вызывает на Земле два вида круговорота веществ: большой и малый.

Большой, или геологический (абиотический), круговорот наиболее ярко проявляется в круговороте воды и циркуляции атмосферы. **Малый, или биологический (биотический)**, круговорот развивается на основе большого, используя особенности последнего.

Круговорот воды (рис. 9). Вода — самое распространенное вещество биосферы. Около половины всей поступающей на Землю солнечной энергии затрачивается на испарение воды с поверхности океанов и суши. Испаряясь, пары воды переносятся воздушными потоками на значительные расстояния. Большая часть испарившейся воды возвращается в виде дож-

дя в океан, меньшая — на сушу. При этом с поверхности океанов испаряется воды больше, чем возвращается с осадками. На суше, наоборот, осадков выпадает больше, чем испаряется воды. Излишки ее стекают в реки, озера, а из них — снова в океан.

Как видим, глобальный круговорот воды происходит благодаря физическим процессам: испарению, конденсации, переносу веществ и т. д. Роль живого вещества в нем, казалось бы, невелика. Однако на континентах масса воды, испаряемая растениями, весьма существенна. Так, с 1 га леса она составляет примерно 20—50 т в сутки. Кроме того, растительный покров замедляет сток воды и поддерживает постоянный уровень грунтовых вод. В результате зоны суши, покрытые растительностью, функционируют

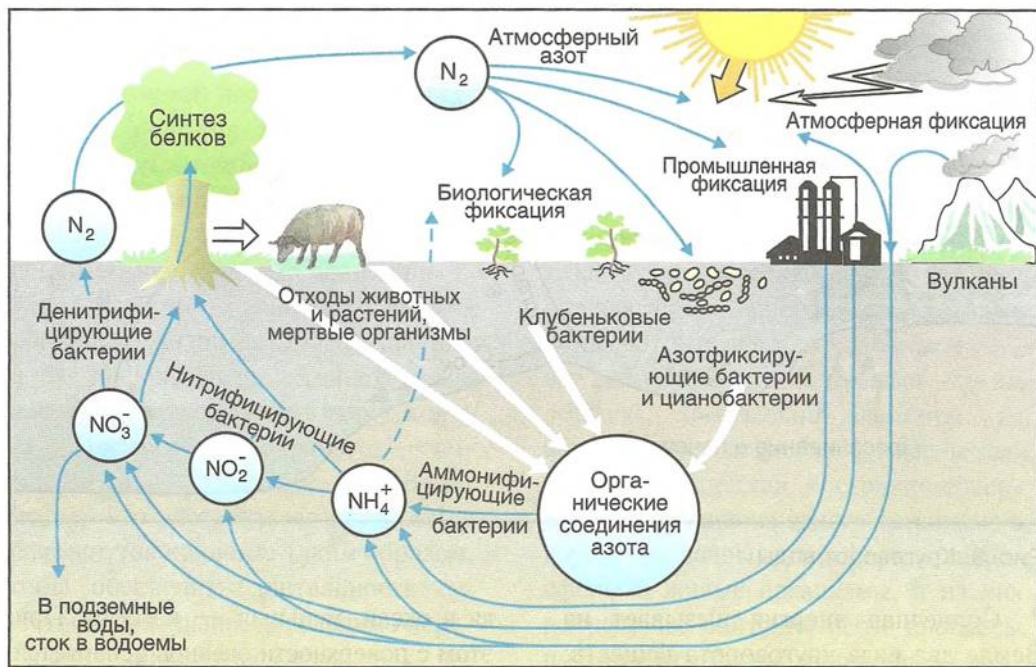


Рис. 10. Круговорот азота

в собственном относительно замкнутом водном режиме.

Круговорот азота (рис. 10). Азот — необходимый элемент важнейших органических соединений живой клетки. Основные его запасы сосредоточены в атмосфере в форме молекулярного азота, недоступного для растений.

Пути поступления в почву и водную среду связанных форм азота различны. Так, небольшое количество азотистых соединений образуется в атмосфере во время гроз. Вместе с дождевыми водами они поступают в водную или почвенную среду. Выделяются соединения азота и при извержении вулканов.

К усвоению молекулярного атмосферного азота способны лишь некоторые прокариоты (бактерии и цианобактерии), имеющие для этого специальный ферментный комплекс — **нитрогеназу**. Наиболее активными азотфиксаторами являются клубеньковые бактерии рода *ризобиум*, поселяющиеся в клетках корней бобовых и некоторых других растений. Благодаря их азотфиксирующей деятельности 1 га посевов бобовых культур за вегетационный период накапливает в среднем 200—300 кг азота и обогащает им почву. В водоемах азотфиксаторами являются некоторые виды цианобактерий (*носток*, *ана-*

бена), массовое развитие которых вызывает «цветение» воды (рис. 11). После разложения отмерших цианобактерий водоем обогащается азотистыми соединениями.

Азотсодержащие органические вещества отмерших организмов разлагаются гнилостными (*аммонифицирующими*) бактериями до аммиака. Основная масса образующегося аммиака окисляется далее *нитрифицирующими* бактериями до нитритов и нитратов, которые усваиваются растениями. Некоторая часть аммиака уходит в атмосферу и вместе с углекислым и другими газами участвует в создании парникового эффекта — удержании тепла в атмосфере планеты.

Различные формы азотистых соединений почвы и водной среды восстанавливаются некоторыми видами бактерий до оксидов и молекулярного азота. Этот процесс называется **денитрификацией**. Его результатом является обеднение почвы и воды соединениями азота и пополнение атмосферы молекулярным азотом.

Процессы нитрификации и денитрификации в природе были сбалансированы до начала интенсивного применения человеком минеральных азотных удобрений с целью получения высоких урожаев сельскохозяйственных растений. В настоящее время из-за этого наблюдается накопление

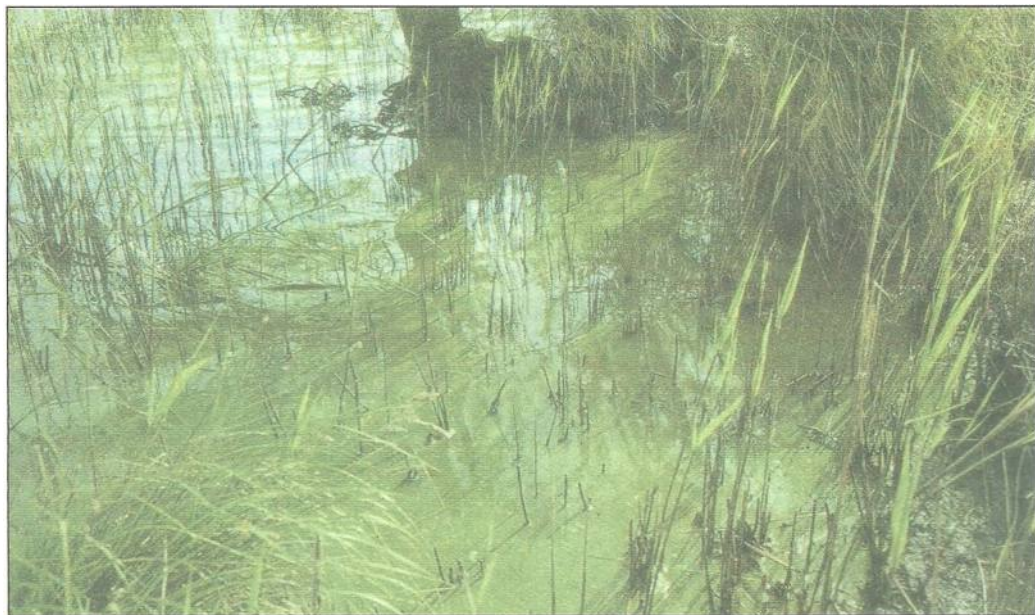


Рис. 11. «Цветение» воды



соединений азота в почве, растениях, грунтовых водах.

Круговорот углерода (рис. 12). Углерод — обязательный химический элемент всех органических веществ. Огромная роль в круговороте этого элемента принадлежит растениям. В процессе фотосинтеза углекислый газ атмосферы и гидросферы используется наземными и водными растениями, а также цианобактериями и включается в состав органических веществ. В процессе дыхания в клетках всех живых организмов происходит обратный процесс: углерод органических соединений переходит в состав молекул углекислого газа. В процессы фотосинтеза и дыхания вовлекаются десятки миллиардов тонн углерода, что и приводит к его циркуляции в биосфере.

Еще одним мощным потребителем углерода являются морские организ-

мы, использующие его соединения для построения раковин и скелетных образований. Из известковых раковин и скелетов отмерших организмов на дне морей и океанов образованы мощные отложения известняков.

Цикл углерода не полностью замкнут. Углерод может надолго выходить из круговорота, образуя залежи каменного угля, торфа, нефти, известняков, сапропелей (донных органических илов), гумуса и др.

Человек нарушает отрегулированный природой круговорот углерода в ходе своей хозяйственной деятельности. За счет сжигания огромного количества ископаемого топлива содержание углекислого газа в атмосферном воздухе за прошлое столетие возросло почти на четверть.

Знакомство с круговоротами отдельных химических веществ дает вам воз-



Рис. 12. Круговорот углерода



можно увидеть, что они не изолированы друг от друга, а взаимосвязаны как между собой, так и с большим геологическим круговоротом. Биотический круговорот веществ планеты является сложной системой частных

круговоротов. Эти круговороты происходят в экосистемах (биогеоценозах), в которых многочисленные организмы разных видов связаны между собой различными формами взаимодействия.



1. Обоснуйте необходимость круговорота веществ в биосфере.
2. Какие процессы являются главными в круговороте воды в биосфере?
3. Какова роль живого вещества в круговороте воды?
4. Какая группа организмов способна к прямой фиксации молекулярного азота атмосферы?
5. Благодаря каким процессам азот органических веществ отмерших организмов превращается в неорганические соединения?
6. Какая форма углерода наиболее активно участвует в круговороте этого элемента?

*8. Эволюция и стабильность биосферы

Эволюция биосферы. Современная структура биосферы и границы обитания ныне существующих организмов формировались в результате долгой истории Земли, начиная с ее возникновения и до настоящего времени.

Доказательства развития биосферы многочисленны и бесспорны. Это прежде всего ископаемые остатки древних организмов. Изучая их, ученые установили главные этапы в истории развития органической жизни на планете. Палеонтологи также пришли к выводу, что миллиарды особей предков современных животных и растений безвозвратно исчезли в геологическом прошлом, не оставив после себя никаких следов (окаменелостей, отпечатков, мумификаций). А вот геохимические следы существования древних организмов сохрани-

лись в виде органических соединений в осадочных горных породах земной коры. Так, в древних породах, возраст которых около 3 млрд лет, был найден углерод биогенного фотосинтетического происхождения.

Один из важнейших этапов развития жизни на Земле тесно связан с изменением содержания кислорода в атмосфере и становлением озонового экрана.

Древние фотоавтотрофные цианобактерии насытили кислородом толщу первичного Мирового океана. Затем постепенно в связи с ростом и размножением фотосинтезирующих организмов количество свободного кислорода стало возрастать, и он начал поступать в атмосферу. Это создало предпосылки для образования озонового экрана, поглощающего



губительное для живых организмов коротковолновое ультрафиолетовое излучение.

К концу палеозоя, в пермском периоде, концентрация кислорода в атмосфере достигла современного уровня. Его содержание наряду с формированием озонового слоя позволило организмам выйти на сушу. Это положило начало формированию наземной флоры и фауны. Завоевание материков живым веществом сопровождалось резким возрастанием его биомассы. Впоследствии она стала преобладать над океанической биомассой (см. табл. 4).

Одновременно в океане продолжался рост массы живого вещества. Донные и придонные организмы постепенно захватывали все новые и новые участки морского дна, продвигаясь в глубину. Наряду с увеличением массы наблюдалось усложнение их химического состава, а также ис-

пользование для построения внутреннего и наружного скелетов минеральных веществ (SiO_2 , CaCO_3 , MgCO_3 , SrSO_4 и др.). В обменных процессах клеток стали участвовать сложные металлоорганические соединения (гемоглобин и др.). С ростом биомассы и ее активности увеличилось воздействие живых организмов на формирование химического состава атмосферы и растворенного вещества гидросферы.

Стабильность биосферы. Биосфера представляет собой устойчивую природную систему, в которой поддерживается динамическое равновесное состояние (рис. 13). В результате крупных геологических явлений (извержения вулканов, землетрясений и т. п.) это равновесие в некоторых регионах планеты может временно нарушаться, однако биосфера за счет составляющих ее структурных и функциональных компонентов —



Рис. 13. Факторы стабильности биосферы



экосистем — способна его восстанавливать.

Стабильность биосферы определяется прежде всего непрерывным поступлением солнечной энергии, используемой фотоавтотрофными организмами и преобразуемой ими в первичное органическое вещество — первопищу для консументов. Она определяется также многообразием обитающих в ее пределах живых организмов (биоразнообразием), их постоянным размножением и приспособлением к жизни в разнообразнейших условиях. Не менее важны многочисленные типы и способы питания живых существ биосферы, в результате чего поддерживается непрерывный биогенный круговорот веществ.

Биосферное значение живых организмов разных царств. Каждый период развития биосферы характеризовался комплексом условий среды и существующих в этих условиях живых организмов. Так, огромная роль в формировании биосферы древнейших *прокариотов* планеты — **бактерий** — связана с разнообразием типов и способов их питания. Среди них есть фото- и хемоавтотрофы, а также гетеротрофы с различными способами питания. Основная роль бактерий в биосфере состоит в осуществлении заключительных стадий разложения мертвого органического вещества (путем окисления, гниения, брожения и т. п.) до минеральных веществ, вновь поступающих в биологический круго-

ворот. Благодаря этой функции бактерий **величина биомассы живого вещества на планете остается относительно постоянной.**

Интенсивно размножаясь и быстро приспосабливаясь к меняющимся условиям среды, бактерии заселили все среды жизни.

Вторая группа прокариотических организмов — **цианобактерии** — так же, как и другие бактерии, обладает большой приспособляемостью и жизнестойкостью. Они обитают во влажных местообитаниях суши, водоемах, горячих источниках и т. д. Для них характерны фотоавто- и гетеротрофный типы питания. Однако большинство цианобактерий — фотоавтотрофы. Именно фотоавтотрофные цианобактерии на заре развития жизни насытили кислородом воды первичного океана, а затем и атмосферу планеты. Способность многих из них связывать молекулярный азот атмосферы позволяет им развиваться в массовых количествах в водоемах, бедных соединениями азота. Снабжение азотом эукариотических организмов на 90 % обеспечивается азотфиксирующими прокариотами, поселяющимися на бесплодном субстрате. Постепенно, по мере формирования почвы, он заселяется эукариотическими организмами. В качестве автотрофных организмов прокариоты вступают в симбиоз с грибом, образуя **лишайники**.

Представители надцарства *Эукариоты* также играют свою опреде-

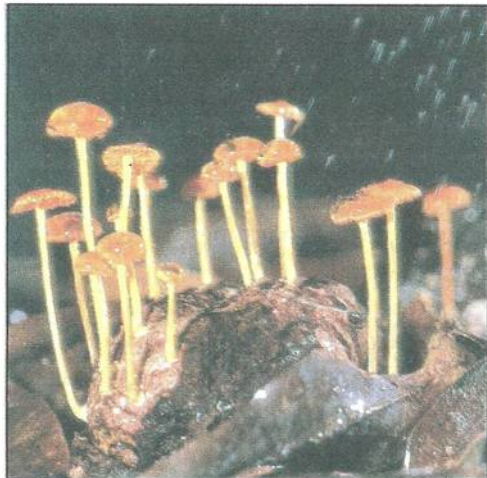


Рис. 14. Грибы — сапротрофные организмы

ленную роль в биосфере. Так, организмы царства **Грибы** по способности выживать в экстремальных условиях приближаются к прокариотам. Их основная биосферная роль заключается в разложении отмершей органической массы до простых минеральных соеди-

нений (рис. 14), пригодных к использованию растительными организмами.

Растения, автотрофные протисты и цианобактерии в процессе фотосинтеза образуют первичное органическое вещество, которое используется в качестве пищи различными гетеротрофными организмами.

Самое многочисленное в биосфере — царство **Животные**. Биосферная функция животных связана с их гетеротрофным типом питания и способностью к активному передвижению в пространстве. Благодаря этим особенностям они потребляют и трансформируют первичное органическое вещество, созданное автотрофными организмами, а также разносят его далеко от мест потребления, одновременно распространяя семена, плоды, пыльцу, споры.

Таким образом, действуя совместно и взаимозависимо, организмы разных царств обеспечивают круговорот веществ и стабильность биосферы.



1. Благодаря каким процессам поддерживается стабильность биосферы?
2. Каково биосферное значение бактерий?
3. Какую роль выполняют цианобактерии в водоемах?
4. Какова роль грибов в биосфере?
5. С какими свойствами животных связана их биосферная роль?*



Глава 2

ЭКОСИСТЕМА — ОСНОВНАЯ СТРУКТУРНАЯ ЕДИНИЦА БИОСФЕРЫ

*Охотнице-сове средь ночи темной,
Не жаль певца любви и неги томной;
А соловей съедает светляка,
Не посмотрев на прелесть огонька;
Светляк же, ночи светоч оживленный,
Вползая вверх, цветок съедает сонный...*

Э. Дарвин «Храм природы», 1803 г.

- Что заставляет живые организмы разных видов жить совместно в экосистеме?
- Почему в экосистеме живут организмы трех разных «специальностей»?
- Какие типы взаимодействий существуют между организмами? Как они отражаются на жизни всей экосистемы?





9. Биоценоз и биотоп — взаимосвязанные элементы экосистемы

Биоценоз. Биосфера, как глобальная система планеты, состоит из более простых природных комплексов. Это моря, озера, реки, болота, степи, пустыни, сосновые и еловые леса и многие другие. Эти природные комплексы отличаются друг от друга характерным набором живых организмов, обитающих совместно. Впервые на эту особенность совместного обитания разных видов живых организмов обратил внимание немецкий биолог Карл Август Мебиус. Изучая жизнь устричных поселений на мелководьях Северного моря, он в 1877 г. дал им название биоценоз (греч. *bios* — жизнь и *koinōs* — общий). **Биоценоз** — это исторически сложившаяся группировка растений, животных, грибов и мик-

роорганизмов, взаимодействующих между собой и приспособленных к совместному обитанию на относительно однородном жизненном пространстве (участке суши или водоема).

Составными частями биоценоза являются совокупность растений — *фитоценоз* (греч. *phytōn* — растение, *koinōs*), животных — *зооценоз* (греч. *zōon* — животное, *koinōs*), грибов — *микоценоз* (греч. *mýkēs* — гриб, *koinōs*) и микроорганизмов — *микробоценоз* (рис. 15).

Связь и взаимозависимость между организмами разных видов необходима для осуществления важнейших процессов жизнедеятельности — питания, размножения, сохранения потомства, расселения и др. Так, например, зелеными растениями питаются многие животные; отсутствие растительноядных животных делает невозможным существование хищников. Без организмов-разрушителей запасы минеральных веществ быстро бы иссякли, и растения не могли бы существовать.



В конкретный биоценоз включаются не только постоянно обитающие в нем организмы, но и те, которые живут там временно, но своим присутствием оказывают определенное воздействие на жизнь биоценоза. Это прежде всего характерно для подвижных животных. Так, например, зайцы могут питаться на лугу, а большую часть времени жить в лесу. То же касается и многих лесных птиц, которые ищут корм не только в лесу, но и на близлежащих лугах или болотах. Существуют

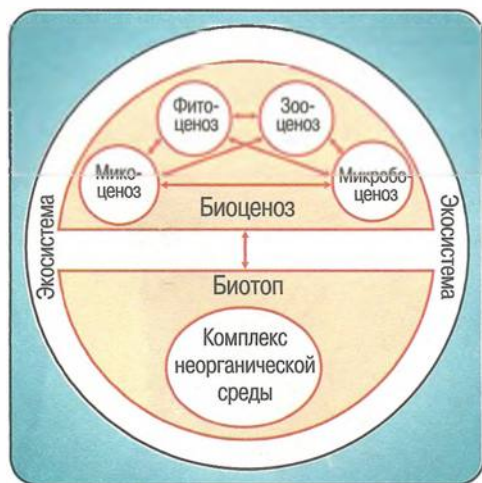


Рис. 15. Биоценоз в экосистеме



также организмы, которые на разных стадиях развития живут в разных биоценозах. Например, взрослые особи стрекоз, комаров входят в состав наземных биоценозов, в то время как их личинки — представители водных.

Биотоп. Каждый биоценоз развивается в пределах однородного пространства, которое характеризуется определенным сочетанием условий среды обитания: освещенности, температуры, влажности, состава почвы, ее кислотности, рельефа местности и др. **Участок пространства (суши или водоема) с однородными условиями обитания, занимаемый тем или иным биоценозом, называется биотопом** (греч. *bios* — жизнь, *tópos* — место). Биотоп — это неорганическая среда, которая является необходимым условием существования биоценоза. Поэтому между биоценозом и биотопом существует тесное взаимодействие (см. рис. 15).

Особенности условий в биотопе определяют возможности его заселения определенной группировкой живых организмов, т. е. биоценозом. Например, разные зоны водоема — открытые илистые или песчаные грунты, приливно-отливные участки прибрежья, глубинные области дна или толщи воды будут населены свойственными только им комплексами живых организмов. Так, в прибрежной зоне озера произрастают крупные полупогруженные растения — *камыш*, *тростник*, а также погруженные растения — *рдесты*, *харовые водоросли*. На больших глубинах они отсут-

ствуют из-за недостатка света. Комплекс животных, обитающих в разных зонах озера, — зооценоз — также будет отличаться. Дно прибрежных зон будет заселено *беззубками*, *перловицами*, личинками *стрекоз*, *подемок*, *ручейников*, а на дне глубинных биотопов, где содержание кислорода невелико, будут преобладать малощетинковые черви *трубочники*, личинки комаров — *мотылы*.

Масштабы биоценозов могут быть различны — от мелких сообществ, например моховых кочек на болоте, разлагающегося пня, до крупных — ковыльной степи, соснового леса, верхового или низинного болота, реки, озера, моря.

Связь организмов в биоценозах. Формирование биоценозов происходит за счет образования сложных связей между организмами разных видов. Эти связи определяют отличительные особенности биоценоза: видовой состав и соотношение между видами, распределение особей в пространстве, специфику питания организмов и их участие в биологическом круговороте веществ. Взаимосвязи между организмами в биоценозе могут быть прямыми и косвенными.

Выделяют четыре типа *прямых* связей (отношений): трофические, топические, форические и фабрические.

Трофические (греч. *trophê* — питание) отношения возникают, когда одни организмы питаются другими либо отмершими остатками особей,



Рис. 16. Пример трофической связи — змееяд с ужом в клюве



Рис. 17. Гнездо щегла

либо продуктами их жизнедеятельности (рис. 16). Например, *божьи коровки*, питающиеся *тлей*; сумчатый медведь *коала*, поедающий листья *эвкалиптов*; *лев*, убивающий и съедающий *антилопу*; жук *навозник*, потребляющий навоз копытных животных; клещ *пухоед*, питающийся перьями птиц.

Топические (лат. *topos* — место) отношения формируются, когда организмы создают местообитания для жизни других видов или меняют условия их обитания. Например, деревья в лесу служат местом кормежки и гнездования многих птиц (рис. 17); на листьях живут тли и гусеницы, под корой — личинки жуков *короедов*; лианы обвивают стволы деревьев, вынося свои листья к свету. Задерживая часть солнечных лучей, влияя на температуру и влажность, деревья меняют усло-

вия обитания живущих под их пологом травянистых растений.

Фабрические (лат. *fabrikatio* — изготовление) отношения образуются, когда организмы одного вида используют для построения своих сооружений (фабрикаций) продукты выделения либо мертвые остатки организмов других видов. Так, птицы применяют для постройки гнезд сухие веточки, траву и листья растений, шерсть млекопитающих, пух и перья своего и других видов птиц. Личинки *ручейников* строят свои домики из кусочков коры, листьев, стеблей тростника, пустых раковин мелких моллюсков (рис. 18).

Форические (греч. *phora* — ношение) отношения выражаются в участии организмов одного вида в распространении другого вида или отдельных стадий его развития (спор, семян, плодов).

Если в роли транспортировщиков выступают различные животные, то такой вид форических отношений называется зоохорией (греч. *zōon* — животное и *chorēō* — передвижение). Семена и плоды могут переноситься животными *активно* при их поедании с последующим выделением в неперевааренном виде с пометом. *Пассивно* животными переносятся плоды или семена с помощью разнообразных зацепок, крючков, выростов либо с комочками почвы, ила, прилипшими к животному. Плоды и семена распространяются также животными, делающими запасы корма (рис. 19).

Перенос одними животными других, более мелких, называется форезией. Этот вид расселения распространен преимущественно среди членистоногих, для которых собственные расселительные возможности ограничены и преодоление значительных расстояний невозможно (перенос жуками

навозниками клещей, мухами — круглых червей и т. п.). Рыбы *прилипалы* перемещаются, прикрепившись к более крупным водным животным.

Примерами *косвенных* межвидовых отношений могут служить следующие. Насекомоядные птицы не питаются растениями, но поедают многих мелких насекомых, которые кормятся листьями или опыляют цветки. Поедая насекомых-опылителей, птицы косвенным образом воздействуют на число производимых растениями плодов. Этим они влияют на количество пищи, доступной животным, которые питаются плодами и проростками, а также на хищников и паразитов этих животных и т. д.

Все перечисленные типы взаимоотношений между организмами разных видов важны для биоценоза, однако трофические и топические связи имеют наибольшее значение и составляют основу существования

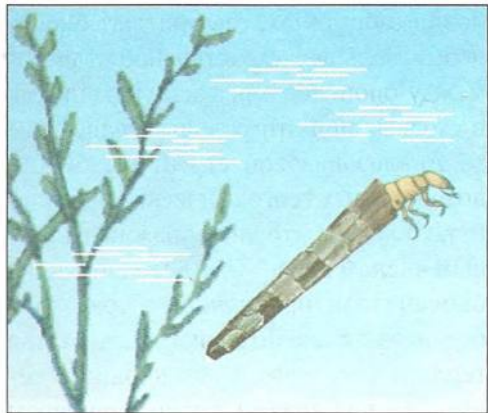


Рис. 18. Личинка ручейника



Рис. 19. Сойка способствует расселению дуба



конкретного биоценоза. Именно эти отношения удерживают друг возле друга организмы разных видов, объ-

единяя их в сообщества, способные противостоять различным внешним воздействиям.



1. Что такое биоценоз? Приведите примеры биоценозов. **2.** Что лежит в основе приспособленности членов биоценоза к совместной жизни? **3.** Что такое биотоп? **4.** В чем сущность топических, форических и фабрических связей в биоценозе? **5.** Каково значение разных видов связей между организмами в биоценозе?

10. Видовая структура биоценоза

Видовая структура биоценоза — это разнообразие составляющих его видов и соотношение между ними по числу особей или биомассе.

Организмы разных видов имеют неодинаковые требования к среде, поэтому формирование видового состава и его структуры в биоценозах происходит за счет наиболее приспособленных видов. Вследствие этого разные биоценозы насыщены жизнью в разной степени.

*Для объективной оценки видовой структуры биоценоза используют такие показатели, как **видовое богатство** (общее число видов в биоценозе), **обилие** (количество особей каждого вида на единицу площади или объема занимаемого пространства), **биомасса** (сухая масса организмов вида в расчете на единицу площади или объема), **частота встречаемости** (процентное отношение числа проб или учетных площадок, где встречается вид, к общему числу отобранных проб или учетных площадок) и ряд других показателей.*

Характерный набор видов является отличительным признаком биоценоза. В его состав входят как высокоспециализированные виды, способные существовать только в условиях данного биоценоза, так и виды с более широким спектром потребностей, которые могут быть членами и других биоценозов. Наличие общих видов в разных биоценозах создает некоторое сходство между ними. Большая или меньшая степень видового сходства разных биоценозов основана на сходстве условий в биотопах, где обитают биоценозы. Большее сходство наблюдается между биоценозами, расположенными в сходных широтных зонах планеты.

Анализ видовой структуры биоценозов разных географических зон планеты показал, что они образованы разным числом видов. Так, видовой состав биоценозов приполярных регионов беден из-за значительного недостатка тепла и короткого вегетационного сезона. Бедны видами также биоценозы жарких пустынь из-за дефицита влаги.

Невелик видовой состав и в тех биоценозах, которые часто находятся под воздействием ежегодного затопления при разливе рек, при осушении болот либо регулярном применении химических средств защиты растений и т. п. Очень ограничены по числу видов искусственные биоценозы — фруктовые сады, парки, поля, засеянные культурными растениями (рис. 20).

Напротив, биоценозы, где условия абиотической среды близки к оптимальным для жизни, имеют в своем составе большое число видов. Примерами их могут служить биоценозы влажных тропических лесов, в которых на 1 га можно насчитать до 200 видов только древесных пород. Для сравнения: биоценоз соснового леса в условиях Беларуси может включать максимум 10 видов деревьев на 1 га. Огромным видовым разнообразием обладают биоценозы коралловых рифов (рис. 21).

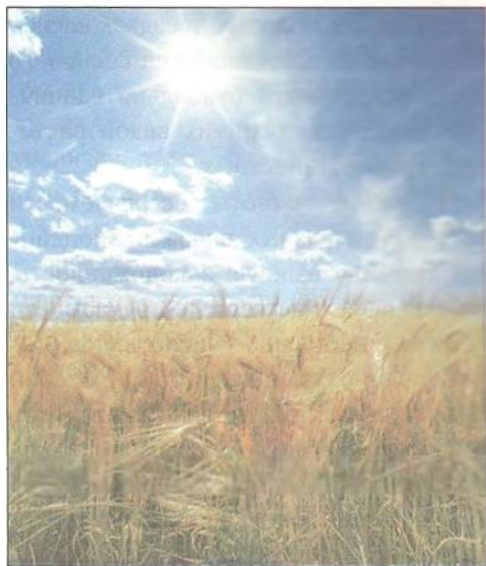


Рис. 20. Искусственный биоценоз — поле

Богатство видового состава зависит также и от возраста биоценоза. Так, молодые, формирующиеся биоценозы значительно беднее по числу видов, чем уже сложившиеся, зрелые.

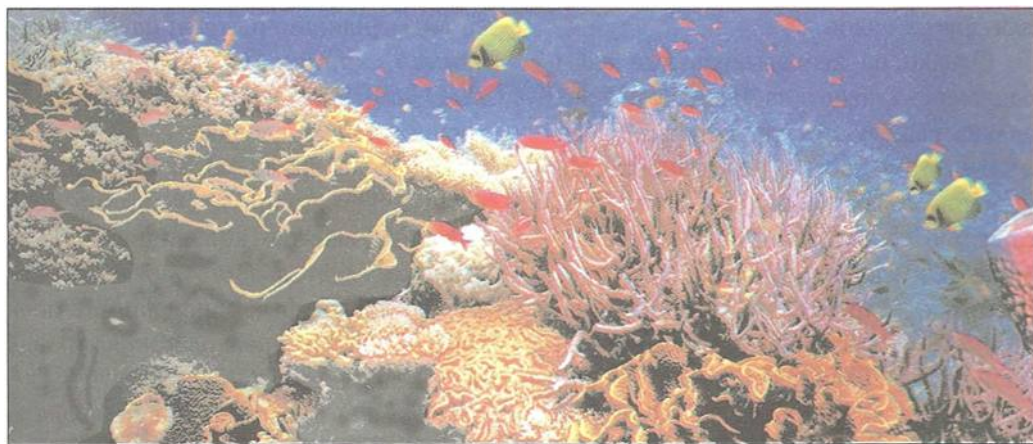


Рис. 21. Коралловый риф



Например, в молодых посадках сосны, в отличие от сложившегося соснового леса, встречаются буквально единичные экземпляры других видов растений, грибов, животных.

Изучение частоты встречаемости организмов разных видов в биоценозах выявило важную закономерность: наибольшей частотой встречаемости обладает небольшое число видов. Такие, преобладающие по числу особей или биомассе, виды называются **доминантными** (лат. *dominantis* — господствующий) или **доминирующими**.

Доминантные виды есть практически в любом биоценозе, кроме влажных тропических лесов. Так, в лесах средней полосы Европы по численности среди пород деревьев преобладает *ель*, в травяном покрове — *кислица*, *зеленый мох*, среди мышевидных грызунов — *полевки*. Эти виды занимают большую часть пространства, оставляя меньше места для других видов.

Однако не все доминантные виды одинаково влияют на биоценоз. Среди них выделяются те, которые своей жизнедеятельностью в наибольшей степени создают среду для других организмов сообщества. Такие виды называются **эдификаторами**, т. е. создателями, строителями сообщества. Примерами растений-эдификаторов в биоценозах являются: в лесах — *ель*, *дуб*; в степях — *ковыль*; на низинных болотах — *осоки*; на верховых — *сфагновый мох*.

Рассмотрим на примере елового леса воздействие эдификатора (*ели*) на изменение условий среды в биоценозе. В ясные летние дни под пологом елового леса освещенность в 1,5—2 раза, а температура воздуха на 0,2—0,6 °C ниже, чем в широколиственном лесу. Под густые кроны ели проникает в 2,0—2,5 раза меньше атмосферных осадков, чем под кроны *дуба*, *осины*, *березы*. При этом дождевые воды, стекающие с ели, имеют кислую реакцию (pH 3,5—4,0). Опад под елью состоит из хвои, которая очень медленно разлагается, в результате чего под елью формируется мощная подстилка с низким содержанием необходимого для растений гумуса.

Следовательно, в процессе своей жизнедеятельности ель настолько изменяет условия среды, что данный биотоп становится непригодным для существования многих видов живых организмов. Здесь поселяются только те виды (например, *кислица обыкновенная*, *майник двулистный*, *зеленый мох*), которые приспособлены к жизни в таких условиях.

Эдификаторами могут быть и животные. Например, в степях на территориях, занятых колониями *сурков*, именно их деятельность определяет характер ландшафта, микроклимат почвы и условия произрастания травянистых растений.

Кроме относительно небольшого числа видов-доминантов, в состав биоценоза входит обычно множество



малочисленных и редких форм. Они создают видовое богатство биоценоза, увеличивая разнообразие связей между организмами и являясь резервом для пополнения и замещения доминантных видов. Эти виды придают биоценозу устойчивость и обеспечивают его функционирование в разных условиях. Следовательно, чем больше видовое разнообразие, тем полнее используются ресурсы среды обитания и тем стабильнее биоценоз.

Богатый видами, сложно организованный биоценоз успешно противостоит вселению в него чужих видов, так как для них нет свободных «вакансий». Насыщенные жизнью биоценозы более

успешно справляются и с различными токсическими воздействиями, так как чувствительность организмов разных видов к токсикантам различная. За счет увеличения доли видов, менее чувствительных к токсическим воздействиям, в биоценозе перестраиваются видовая и количественная структуры, что повышает возможность к выживанию. Аналогичная перестройка происходит и в случае засухи, которую биоценоз переносит с помощью возрастания доли засухоустойчивых видов. Таким образом, прослеживается прямая зависимость между видовой насыщенностью биоценоза и его способностью противостоять различным внешним влияниям.



1. Что такое видовая структура биоценоза? **2.** Какими показателями характеризуется видовая структура биоценоза? **3.** Какие организмы биоценоза называются доминантами? эдификаторами? В чем состоит их сходство и различие? **4.** Как связано доминирование с широтным расположением биоценозов? **5.** Приведите примеры бедных и богатых видами биоценозов. **6.** Как связаны видовое разнообразие и способность биоценозов противостоять внешнему воздействию? Ответ обоснуйте.

11. Пространственная структура биоценоза

Распределение организмов разных видов в биоценозе не случайно. Они размещаются там, где находят наилучшее сочетание необходимых для жизни условий.

В биотопе, на котором обитают организмы биоценоза, условия не могут быть абсолютно одинаковыми. Разные его участки различаются по элементам минерального питания и

их доступности, режиму влажности и освещенности, силе ветра и др. Благодаря совместному воздействию этих факторов формируется закономерное распределение организмов разных видов в пространстве, называемое **пространственной структурой**.

В биоценозе выделяют вертикальную и горизонтальную структуры распределения организмов.



Вертикальная структура биоценоза образована ярусами. Главную роль в формировании ярусности играют растения. **Ярусы** — это отдельные слои растительного сообщества, выделенные по высоте входящих в них растений (или по глубине проникновения корней в почву) и положению ассимилирующих (листья, стебли) и запасующих подземных органов (клубни, корневища, луковицы и т. п.). Как правило, разные ярусы образованы разными **жизненными формами** растений — деревьями, кустарниками, кустарничками, травами, мхами. Наиболее четко ярусность выражена в лесных биоценозах, в состав которых входят растения всех жизненных форм.

Основной фактор, определяющий вертикальное распределение растений в биоценозе, — количество поступаю-

щего света. Освещенность обуславливает различия в световом и температурном режимах, а также в обеспеченности влагой организмов, живущих на разных уровнях от поверхности почвы.

Растения верхних ярусов более светолюбивы и лучше приспособлены к значительным колебаниям температуры и влажности воздуха. Нижние ярусы образуют менее требовательные к свету растения.

Ярусы особенно хорошо выражены в лиственных лесах умеренного пояса (рис. 22). Там можно выделить 5—6 ярусов: первый (верхний) ярус образуют деревья первой величины (*дуб черешчатый*, *липа сердцевидная*, *вяз гладкий* и др.); второй — деревья второй величины (*рябина обыкновенная*, *яблоня лесная*, *груша*, *черемуха* и др.); третий ярус составляет подлесок, образованный

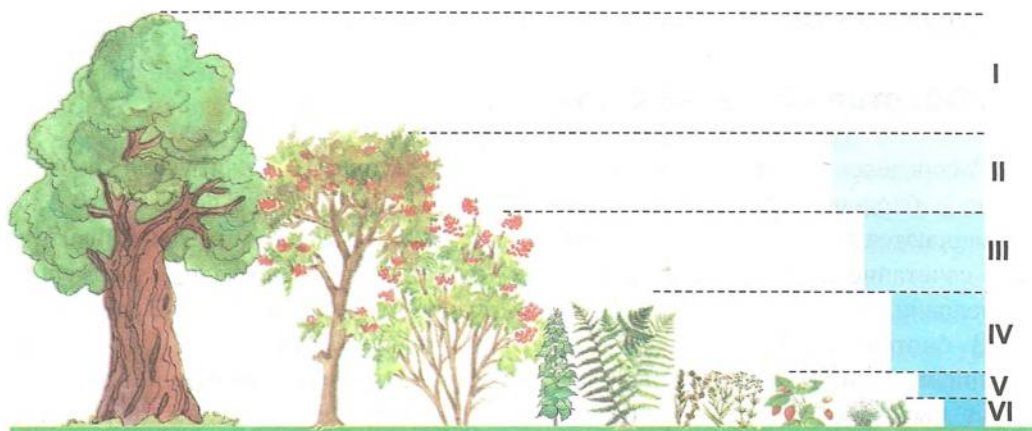


Рис. 22. Схема ярусности в биоценозе лиственного леса



кустарниками (*лещина обыкновенная*, *крушина ломкая*, *бересклет европейский* и др.); четвертый ярус образован высокими травами (*чистец лесной*, *крапива* и др.), папоротниками (*орляк*) и кустарничками (*черника*); пятый ярус сложен из низких трав (*осока волосистая*, *копытень европейский*, *земляника*); в шестом ярусе царствуют мхи и лишайники.

*В нижнем ярусе, куда проникает всего 7—10 % солнечного света, могут произрастать только теневыносливые кустарнички и травы. Для многих из них характерны широкие и тонкие листовые пластинки (морфологическая особенность «теневых» растений), позволяющие растениям увеличить освещаемую поверхность и тем самым хоть как-то компенсировать недостаток света. Облегчает проникновение света внутрь листа и такая особенность анатомического строения «теневых» растений, как отсутствие столбчатой паренхимы и рыхлое расположение клеток губчатой паренхимы с крупными межклетниками. Увеличить поглощение света растениям нижних ярусов помогает также темная окраска их листьев, обусловленная большим содержанием хлорофилла. Так, в хлоропластах *копытня*, *сныти*, *медуницы* его содержится в 5—10 раз больше, чем у травянистых растений открытых биотопов (лугов и полей).*

Выживанию лесных трав в нижнем ярусе способствует сезонный ритм фотосинтеза. Основная фотосинтезирующая работа совершается у них в ранневесенний период, когда листья на деревьях только начинают распускаться, в лесу еще достаточно света, в почве велики запасы влаги, а температура воздуха уже вполне летняя. В это время одно- и многолетние растения с коротким периодом вегетации (30—50 дней) образуют основные запасы органических веществ в подземных органах, за счет которых затем живут остальную часть года. Это растения рода *хохлатка*, а также *лук медвежий* (*черемша*), *чистец лесной*, *ветреница лютиковая* и др. Следовательно, весенний пик их фотосинтезирующей деятельности представляет собой сезонную адаптацию (приспособление), обеспечивающую возможность жить в самых затененных участках леса.

Животные также распределяются в лесу по ярусам (рис. 23). В почве живут *круглые* и *кольчатые черви*, личинки многих насекомых, землеройные млекопитающие. В листовенном опаде на поверхности почвы обитают различные виды *многоножек*, *жуужелиц*, *клещей* и других мелких животных. Среди птиц есть виды, гнездящиеся только на земле (*фазановые*, *тетеревиные*, *трясогузки*, *коньки*, *овсянки*), в кустарниковом ярусе (*печеночки*, *славки*) или в кронах деревьев (*зяблики*, *щеглы*, *корольки*). Есть и

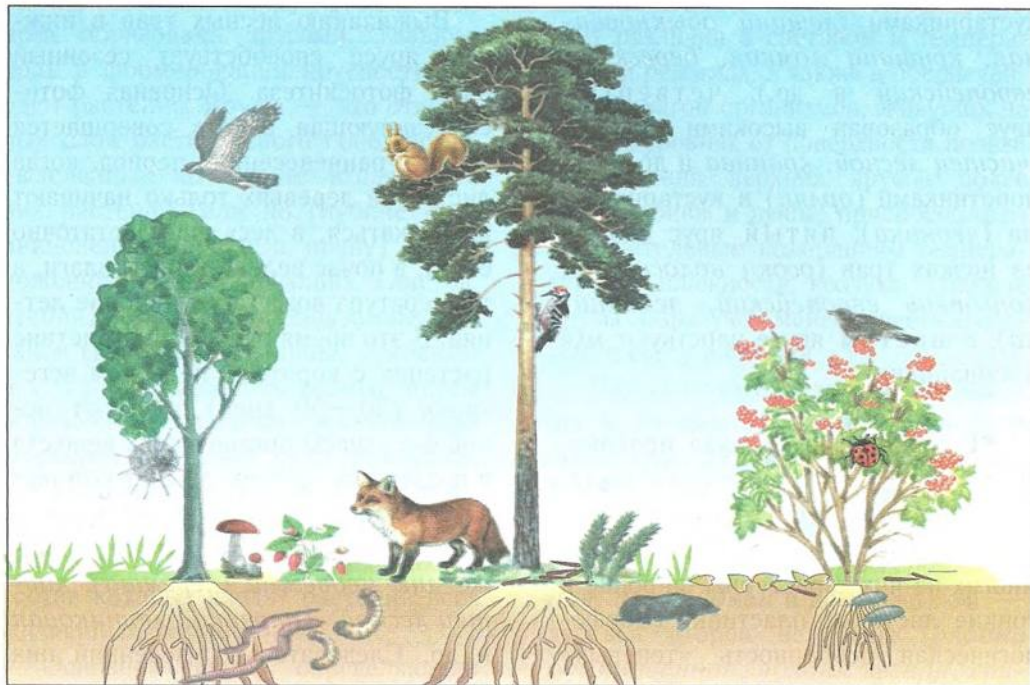


Рис. 23. Распределение животных по ярусам

четкая приуроченность к определенным ярусам у разных видов птиц при добывании корма.

Ярусность наблюдается также и в водных биоценозах. Разные виды планктонных организмов держатся на различной глубине (в зависимости от освещения), а разные виды рыб на различной глубине находят себе корм.

Горизонтальная структура биоценоза (**мозаичность**) свойственна практически всем биоценозам. Она выражается в неравномерном распределении организмов биоценоза и наличии в нем группировок (сгущений), различающихся видовым со-

ставом, количественным соотношением видов, продуктивностью и другими свойствами.

Мозаичность обусловлена рядом причин: неоднородностью микрорельефа, почв, средообразующим влиянием растений и их биологическими особенностями. Она может возникать в результате деятельности животных (вынос на поверхность почвы и последующее зарастание земляных холмиков, образование муравейников, вытаптывание и стравливание травостоя копытными); человека (выборочная рубка, кострища); вследствие вывалов древостоя во время ураганов и т. п.



*Особенно прочны микрогруппировки разнообразных организмов, объединенных общностью трофических и топических связей. Такие устойчивые группировки называются **консорциями** (лат. *consortium* — участие). Обычно консорция формируется на основе автотрофного организма (*ель, сосна, береза, ковыль* и др.), играющего главную объединяющую роль. Такой организм называется **детерминантом** (определяющим), а связанные с ним и получающие от него пищу, укрытие, жилье, субстрат для постройки гнезд организмы других видов — **консортами**. В свою очередь консорты могут использоваться другими организмами как источник пищи

или как субстрат для поселения паразитических организмов (бактерий, грибов), симбионтов и т. п. Так формируется группа взаимозависимых организмов разных видов.*

Наличие мозаичности играет важную роль в жизни биоценоза. Мозаичность позволяет более полно использовать различные условия среды обитания, объединяет организмы разных видов, делает их взаимозависимыми, повышает эффективность использования пищевых и пространственных ресурсов. Это ведет к росту как разнообразия видов, так и их численности, что отражается на устойчивости биоценоза и его жизнеспособности.



1. Чем определяется пространственная структура биоценоза? **2***. Каковы биологические особенности растений разных ярусов? **3.** С чем связана ярусность в распределении животных? **4.** Каковы причины мозаичного распределения организмов в биоценозе? **5***. Можно ли считать консорцию структурным элементом биоценоза?

12. Экосистема. Биогеоценоз. Структура экосистемы. Устойчивость экосистем

Понятие экосистемы. Экосистема представляет собой совокупность живых организмов (биоценоза) и среды их обитания (биотопа), в которой осуществляется круговорот веществ и поддерживается устойчивость в течение определенного времени. Экосистемы являются своего рода «кирпичиками», из которых складывается одна большая общая живая система — биосфера.

Термин «экосистема» предложил английский ботаник Артур Тенсли в 1935 г. Он считал экосистемы основными природными единицами на Земле. Примерами экосистем являются любые объединения растений, животных, грибов, микроорганизмов с общим участком среды обитания, функционирующие как единое целое за счет обмена веществом и энергией. В экосистеме каждая из ее частей —



биоценоз и биотоп — влияют друг на друга. Обе эти части необходимы для поддержания устойчивости функционирования экосистем, а следовательно, и жизни в том виде, в каком она существует на Земле.

Понятие «экосистема» можно применить к группировкам разной сложности и размера. Экосистемы по размерам могут быть небольшими (гниющий пень или дерево в лесу, прибрежные заросли водных растений, аквариум), средними (болото, сосновый лес) и большими (океан, море, пустыня, тундра, тайга). Для них всех характерны три признака:

1) экосистема представляет собой совокупность живых и неживых компонентов;

2) в границах экосистемы осуществляется более или менее полный цикл круговорота веществ, чаще всего начиная с создания органического вещества и заканчивая его разложением на минеральные составляющие;

3) экосистема сохраняет устойчивость в течение определенного времени.

Биогеоценоз. Параллельно с развитием понятия «экосистема» в первой половине XX в. развивалось учение о биогеоценозах. Термин «биогеоценоз» (греч. *bios* — жизнь, *gē* — земля, *koinōs* — общий) предложил русский ученый академик В. Н. Сукачев в 1940 г.

Биогеоценоз — это совокупность растений, животных, грибов и микроорганизмов, почвы и атмосферы

на однородном участке суши, которые объединены обменом веществ в единый природный комплекс. Так же, как и экосистема, биогеоценоз включает живую часть, или биоценоз, и неживую составляющую, которую составляют факторы данного биотопа. Однако, несмотря на сходство понятий «биогеоценоз» и «экосистема», они не имеют абсолютного тождества между собой.

Основная отличительная особенность биогеоценоза заключается в том, что его протяженность четко определяется границами наземного растительного сообщества — фитоценоза. Например, легко различимы между собой биогеоценозы соснового, елового или широколиственного лесов. Там, где нет четко выраженного фитоценоза, нет и биогеоценоза. Понятия «экосистема» и «биогеоценоз» тождественны только для таких природных наземных образований, как луг, лес, поле (лесной биогеоценоз = лесная экосистема, луговой биогеоценоз = луговая экосистема), четко очерченных границами фитоценоза. Для природных образований, меньших или больших по размерам, чем фитоценоз, или в том случае, если выделить фитоценоз невозможно, применяется понятие «экосистема». Как экосистему рассматривают, например, гниющий пень в лесу, озеро, море, океан, тундру, влажный тропический лес. Биогеоценоз — это экосистема в границах фитоценоза. Поэтому любой биогеоценоз является экосистемой, но не любая экосистема будет биогеоценозом.

Таким образом, экосистема — образование более общее, а биогеоценоз является частным случаем экосистемы. Поэтому именно экосистемы рассматриваются в качестве слагающих биосферу «кирпичиков», ее миниатюрных моделей. Совокупность всех экосистем нашей планеты создает гигантскую глобальную экосистему, называемую биосферой.

Экосистемы формируются на любом участке земной поверхности как естественным образом, так и искусственно с помощью человека. Например, агроэкосистемы — фруктовые сады, поля зерновых культур, парки и т. п.

Структура экосистемы. Рассмотрим компоненты экосистемы на примере пруда.

1. Абиотическое окружение (биотоп), т. е. весь комплекс факторов неживой природы, откуда организмы биоценоза черпают средства для существования и куда выделяют продукты обмена.

В пруду абиотическое окружение — это вода, растворенные в ней кислород, углекислый газ и различные минеральные соли, плотность, давление, температура воды и воздуха над ней и др.

2. Биотический компонент (биоценоз).

1) Продуценты (производители) — комплекс автотрофных организмов, который образует первичное органическое вещество и снабжает им все остальные организмы биоценоза. В пруду продуценты представлены

крупными полупогруженными и погруженными растениями мелководий, мелкими планктонными протистами и цианобактериями — фитопланктоном. При массовом размножении фитопланктона вода приобретает зеленый цвет («цветет»).

2) Консументы (потребители) — комплекс гетеротрофных организмов, питающихся готовыми органическими веществами, произведенными другими организмами. К ним относятся все животные, которые извлекают необходимую энергию из готовой пищи, поедая растения или других животных. К консументам относятся и бесхлорофильные растения-паразиты, которые питаются за счет органических веществ растений-хозяев, например растущий в наших лесах *Петров крест* (рис. 24).



Рис. 24. Петров крест



В пруду консументами являются гетеротрофные *протисты*, *гидры*, *личинки насекомых*, *планарии*, *малощетинковые* и *круглые черви*, планктонные и донные *ракообразные*, *рыбы*.

3) **Редуценты (консументы-разрушители)** — комплекс организмов, разлагающих мертвое органическое вещество растительного, животного или иного происхождения до простых неорганических соединений. Они представлены сапротрофными бактериями и грибами.

В пруду редуцентами являются разнообразные виды водных сапротрофных бактерий и грибов.

Между всеми четырьмя звеньями экосистемы прослеживается закономерная связь (рис. 25).



Наиболее разнообразной по видам трофических связей является группа консументов. Среди них есть **биофаги** (организмы, которые питаются живым органическим веществом) и **сапрофаги** (использующие для питания органические вещества отмерших организмов). Среди биофагов в свою очередь выделяются **фитофаги** — растительноядные виды животных (первичные консументы), **хищники** (вторичные консументы) и конечные потребители — **сверххищники** (третьичные консументы).

Каждый живой организм (или их совокупность) выполняет определен-



Рис. 25. Связи в экосистеме



ную биологическую функцию, которая либо начинает какой-то процесс, либо является его промежуточным звеном, либо завершает его, т. е. формирует своеобразный биологический конвейер. Такая последовательная, согласованная и взаимосвязанная деятельность живых организмов Земли и создает экологическую систему.

Устойчивость экосистем. Экосистемы — чрезвычайно сложные динамичные природные образования, которые состоят из многих сотен и даже тысяч видов продуцентов, консументов и редуцентов, объединенных

пищевыми связями и непищевыми взаимодействиями. Длительное существование экосистем поддерживается за счет притока солнечной энергии и круговорота веществ. Экосистемы обладают **устойчивостью** — способностью выдерживать внешние воздействия с последующим восстановлением свойственной им структуры. Степень устойчивости напрямую связана со степенью давления внешних факторов, а также с биологическим разнообразием и сложностью пищевых и непищевых связей в экосистеме.



1. Почему экосистемы считаются «кирпичиками» биосферы? **2.** Какие признаки свойственны экосистемам? **3.** Тожественны ли понятия «биогеоценоз» и «экосистема»? Обоснуйте свой вывод. **4.** Какова структура экосистемы? **5.** Какие группы выделяются в экосистеме среди консументов? Какова их роль в экосистеме? **6.** Чем определяется устойчивость экосистемы?

13. Цепи и сети питания. Трофические уровни. Экологические пирамиды

Цепи и сети питания. В развитых, сложившихся экосистемах существуют сложные пищевые взаимодействия между автотрофными и гетеротрофными организмами. Одни организмы поедаются другими, и таким образом осуществляется цепной процесс переноса вещества и энергии в экосистемах, лежащий в основе круговорота веществ в природе. **Перенос вещества и энергии от ее источника — автотрофов — к потребителям — гетеротрофам, происходящий в результате последовательного**

поедания одними организмами других, называется пищевой цепью.

Простейшая пищевая цепь в водной экосистеме может начинаться с усваивающего солнечную энергию *фитопланктона*, который поедают мелкие первичные консументы — планктонные ракообразные, например *дафнии*. Последние служат кормом вторичным консументам — рыбам, например *плотве*, которая в свою очередь может поедаться более крупными хищниками — *щукой* или *су-*

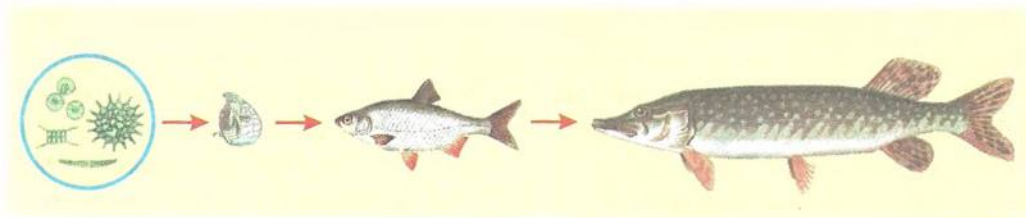


Рис. 26. Пищевая цепь пресного водоема

даком — третичными консументами (рис. 26).

Однако такие пищевые цепи в чистом виде в природе встречаются редко. Например, дафнию может съесть плотва, а плотва может быть съедена *выдрой* или хищной рыбацкой птицей *скопой*. Следовательно, одни и те же организмы могут входить в состав

разных пищевых цепей. В результате в экосистеме образуются сложные **пищевые сети** (рис. 27). Сложность их значительно возрастает, если принять во внимание наличие у членов цепей питания — организмов-хозяев — специфических паразитов, которые в свою очередь являются звеньями других цепей.

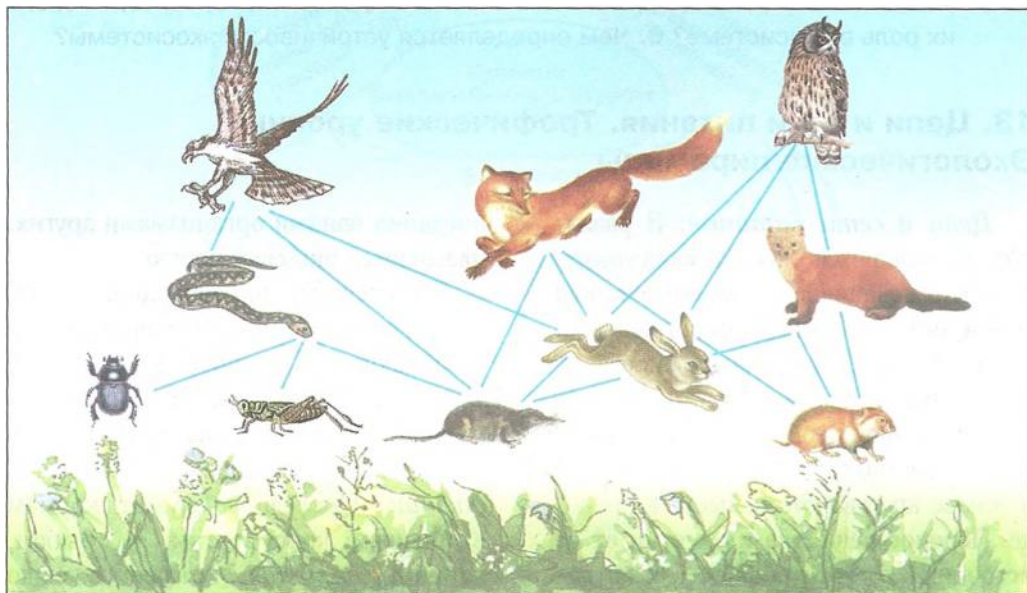


Рис. 27. Упрощенная пищевая сеть в наземной экосистеме

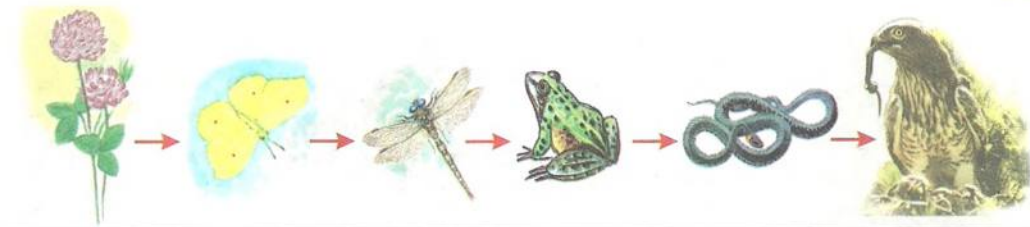


Рис. 28. Пастбищная пищевая цепь

Пастбищные и детритные пищевые цепи. Пищевые цепи, которые начинаются с автотрофных фотосинтезирующих организмов, называются **пастбищными** или **цепями выедания** (рис. 28). Примером может служить пастбищная пищевая цепь луга. Она начинается с цветкового растения. Бабочка *лимонница*, питающаяся нектаром цветков, представляет собой второе звено в этой цепи. *Стрекоза* — хищное летающее насекомое — нападает на бабочку. Спрятавшаяся среди зеленой травы *лягушка* ловит стрекозу, но сама служит добычей *ужа*. В конце дня сам уж может быть съеден хищной птицей *змееедом*.

Пищевая цепь, идущая от растения через бабочку, стрекозу, лягушку, ужа к змеееду, указывает направление движения органических веществ, а также содержащейся в них энергии.

Если пищевая цепь начинается с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных, т. е. с **детрита**, она называется **детритной** или **цепью разложения**. Детритные цепи характерны для экосистем дна глубоких озер, морей, где жизнь поддерживается

за счет оседания детрита — «трупного дождя», образованного организмами, населяющими верхние освещенные слои водоема. Распространены детритные цепи и в лесах, где большая часть (свыше 90 %) ежегодного прироста живой массы растений не потребляется растительными животными. Отмершая масса образует опад, который разлагается сапротрофными организмами с последующей минерализацией редуцентами.

Типичным примером детритной пищевой цепи наших лесов является следующая: *листовая подстилка* → *дождевой червь* → *синица* → *ушастая сова* (рис. 29).

Таким образом, поток энергии, входящий в экосистему, разделяется на два основных русла, поступая к консументам через живые ткани растений или через запасы детрита. При этом в разных видах экосистем соотношение этих двух потоков различно. В водных экосистемах через пастбищные пищевые цепи проходит в среднем до 40 % первичного органического вещества, в то время как в наземных экосистемах эта величина составляет всего около

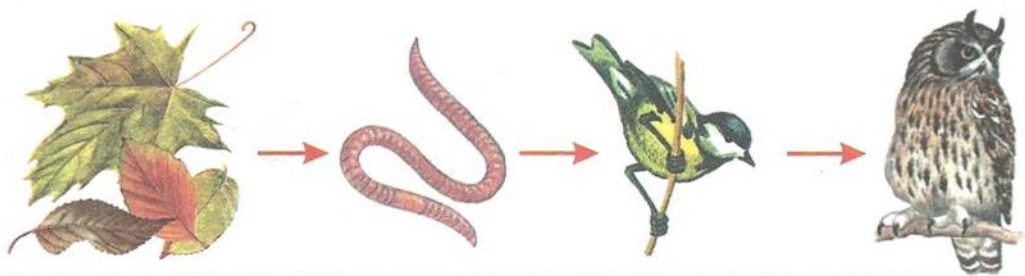


Рис. 29. Детритная пищевая цепь

7 %. Это означает, что роль детритофагов в наземных экосистемах гораздо большая, чем в водных.

Трофические уровни и экологические пирамиды. Организмы, составляющие пищевые цепи и получающие пищу через равное количество звеньев этой цепи, принадлежат к одному **трофическому уровню**. Например, первый трофический уровень экосистемы образуют все автотрофные

организмы (продуценты) независимо от их таксономической принадлежности, второй — все консументы I порядка, питающиеся организмами автотрофного звена. Третий трофический уровень образуют организмы, которые питаются консументами I порядка и т. д.

Такая последовательность и соподчиненность связанных в форме трофических уровней организмов представляют собой поток вещества и энергии в экосистеме, основу ее функциональной организации.

В результате последовательной передачи вещества и энергии по трофическим уровням в каждой экосистеме устанавливается определенная **трофическая структура**. Ее обычно изображают в виде **экологической пирамиды**, графическую модель которой предложил в 1927 г. американский эколог Чарльз Элтон. Основанием пирамиды служит первый трофический уровень — уровень продуцентов, а верхние этажи образованы последующими уровнями — консументами разных порядков (рис. 30).

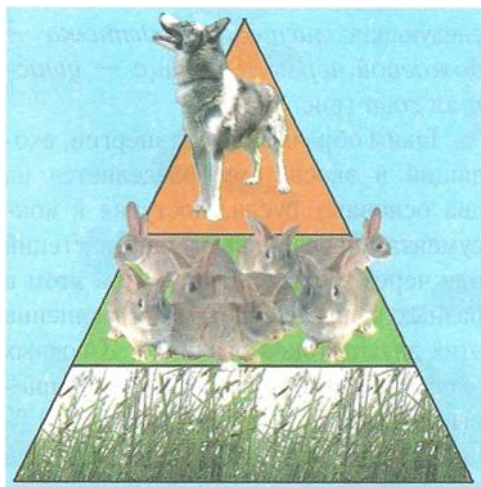


Рис. 30. Пищевая пирамида



Различают три способа построения экологических пирамид (рис. 31).

1. Пирамида чисел (численностей) отражает соотношение численностей организмов каждого трофического уровня экосистемы. Например, чтобы прокормить одного волка, необходимо по крайней мере несколько зайцев, на которых он мог бы охотиться. Чтобы прокормить этих зайцев, нужно довольно большое количество разнообразных растений.

Пирамида численностей не дает истинного представления о соотношениях между трофическими уровнями, если организмы сильно различаются по размерам. Например, если продуценты представлены крупными формами, т. е. деревьями, то их численность в экосистеме будет меньшей, чем численность трав. Соотношения между количеством гусениц жуков листоедов, питающихся листьями деревьев, и крупных копытных млекопитающих, поедающих травянистые растения,

также будут совершенно разными. В первом случае пирамида численностей будет перевернутой: численность гусениц будет большей, чем численность деревьев (рис. 32, 1).

2. Пирамида биомасс отражает соотношение между трофическими уровнями, выраженное в биологической массе, имеющейся на данный момент в экосистеме. Биомассу выражают в г, кг, т сырого или сухого вещества на единицу пространства — м^2 , км^2 , га, м^3 и т. п. Найденная величина биомассы при необходимости переводится на все пространство экосистемы.

Рассчитанные этим способом величины соотношений между трофическими уровнями также зависят от размеров входящих в них организмов, как и в пирамиде численностей. Если продуценты представлены организмами мелких размеров, то пирамида будет перевернутой, т. е. биомасса продуцентов будет меньше биомассы консументов, например планктон и *креветки* (см. рис. 32, 2).

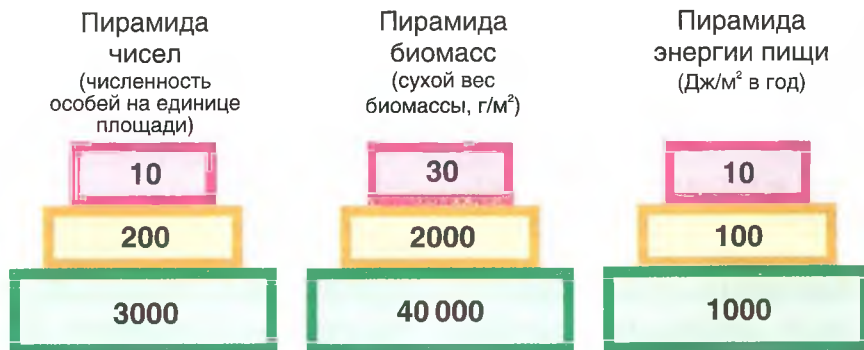


Рис. 31. Типы экологических пирамид

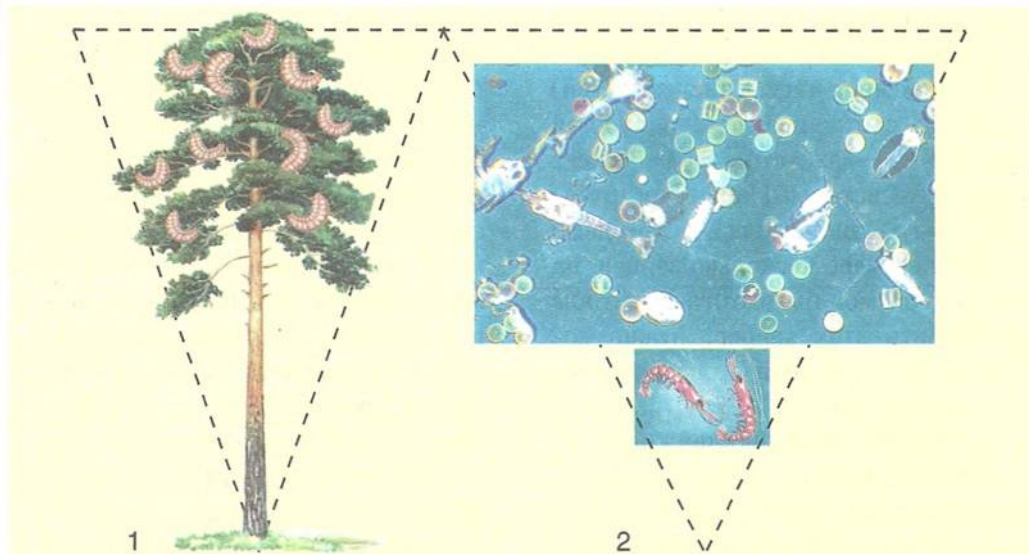


Рис. 32. Обратные пирамиды: 1 — чисел; 2 — биомасс

3. Пирамида энергии пищи, или рациона, является наиболее правильным способом нахождения истинных соотношений между трофическими уровнями, так как в ее основе лежат функциональные показатели. На структуру экосистемы в большей степени оказывает влияние не количество фиксированной энергии, а скорость образования пищи. Эта форма выражения соотношений между трофическими уровнями не зависит от размеров организмов, и пирамида всегда будет иметь широкое основание и сужаться кверху.

Закономерность количественных соотношений между организмами разных трофических уровней установил в 1942 г. американский эколог

Р. Линдеман. Он сформулировал **правило пирамиды энергии («правило 10 %»)**, согласно которому с одного трофического уровня на другой через пищевые цепи переходит в среднем около 10 % энергии предыдущего уровня. Остальная энергия теряется в виде теплового излучения, затрат на движение и т. д. Организмы в результате поддержания процесса жизнедеятельности в каждом звене пищевой цепи теряют около 90 % всей энергии.

Приведем упрощенный пример действия «правила 10 %». Если на первом уровне трофической пирамиды растениям образовано 1000 Дж энергии, то при полном поедании ее травоядными животными (консументами)



тами I порядка) в теле последних останется только 100 Дж, а в теле хищника (консумента II порядка) — лишь 10 Дж энергии. Если же этот хищник будет съеден другим (консументом III порядка), то на его долю придется только 1 Дж. Таким образом, запас энергии, накопленный зелеными растениями, в цепях питания стремительно иссякает.

Еще один пример: 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. Причем у древесных растений этот показатель ниже из-за того, что древесина плохо усваивается потребляющими ее организмами. Для трав и водорослей эта величина значительно больше, поскольку у них практически отсутствуют трудноусвояемые ткани. Однако общая закономерность процесса передачи энергии остается: через верхние трофические уровни ее проходит значительно меньше, чем через нижние.

Вот почему цепи питания обычно не могут иметь более 3—5 (редко 6)

звеньев, а экологические пирамиды не могут состоять из большого числа уровней. К конечному звену пищевой цепи так же, как и к верхнему уровню экологической пирамиды, будет поступать так мало энергии, что ее не хватит на осуществление процессов жизнедеятельности большого числа организмов.

Эту закономерность легко понять, проследив, куда тратится энергия потребленной пищи (С). Часть ее идет на построение новых клеток, рост тканей, т. е. на прирост (Р). Часть расходуется на обеспечение энергетического обмена, или на дыхание (R). Поскольку усвояемость пищи не может быть полной, т. е. 100-процентной, то часть неусвоенной пищи в виде экскрементов удаляется из организма (F). Балансовое равенство будет выражаться следующим образом:

$$C = P + R + F.$$

Учитывая, что энергия, затраченная на дыхание, не передается на следующий трофический уровень и уходит из экосистемы, становится понятным, почему каждый последующий уровень всегда будет меньше предыдущего.



1. Что такое пищевая цепь?
2. Чем отличается пищевая сеть от пищевой цепи? С чем связано наличие пищевых сетей в биоценозе?
3. Чем отличается пастбищная цепь от детритной?
4. В какой из систем — водной или наземной — роль детрита преобладает? Почему?
5. Какие соотношения выражает экологическая пирамида?
6. Какими способами можно построить экологическую пирамиду? Какой из них наиболее объективный?
7. Чем отличается передача вещества от передачи энергии по трофическим уровням?



14. Продуктивность экосистем

Одним из основных свойств живых организмов является способность к размножению и росту, в результате которых в биоценозах создается новая биомасса. Это свойство лежит в основе понятия продуктивности экосистем.

Биомасса и продукция. Для характеристики экосистемы и происходящих в ней процессов важнейшими показателями являются биомасса и продукция.

Биомасса — это выраженное в единицах массы количество живых организмов, приходящееся на единицу пространства местообитания (например, г/м², г/м³, кг/га, т/км² и т. п.). Для сопоставимости биомасс разных организмов ее чаще всего выражают в сухой массе.

Различают растительную массу — **фитомассу**, животную — **зоомассу**, **бактериомассу** либо биомассу каких-либо конкретных групп или организмов отдельных видов.

Биомассы разных экосистем значительно различаются. Наибольшую величину они имеют в экосистемах влажных тропических лесов и наименьшую — в пустынях и тундре.

Биомасса не остается постоянной, ее величина меняется в зависимости от времени года, степени выедания консументами разных порядков, миграции животных и других причин. Например, в условиях Республики Бела-

русь самая низкая величина биомассы травянистых многолетних растений бывает ранней весной, поздней осенью и зимой, так как она в это время представлена только их подземными органами. В период с мая по сентябрь ее величина будет значительно большей за счет развития надземных частей растения.

Примером изменчивости зоомассы донных сообществ водных экосистем может служить ее резкое уменьшение в период массового вылета взрослых комаров в конце мая — начале июня, а затем ее медленное возрастание к осени за счет выхода личинок из яиц, отложенных самками комаров в водоем, и их последующего роста.

Прирост биомассы за определенный период времени на единице пространства называется биологической продукцией. Она выражается в тех же единицах, что и биомасса, но с указанием времени, за которое она была создана (например, 10 кг сухой массы/га за месяц).

Различают два вида продукции — первичную и вторичную.

Первичная продукция — прирост биомассы автотрофных организмов на единице пространства за единицу времени. Первичной она называется потому, что образована из неорганических веществ в процессе фотосинтеза. Это важный параметр, так как им определяется общее ко-



личество органического вещества, за счет которого могут существовать и создавать продукцию все гетеротрофные звенья экосистемы.

Основными первичными продуцентами на планете Земля являются зеленые растения, протисты и цианобактерии, образующие суммарно около 98 % всего органического вещества. Эффективность, с которой солнечная энергия преобразуется ими в энергию химических связей органических молекул в процессе фотосинтеза, составляет около 1 %.

Общее количество продуктов фотосинтеза, образованных за определенный отрезок времени на единице пространства, называется **валовой первичной продукцией (ВПП)**. Значительная ее часть (примерно 20—60 %) используется самим фотоавтотрофным организмом на дыхание, транспирацию и другие нужды (R). Разница между ВПП и R называется **чистой первичной продукцией**. Ее несложно учесть. Для этого необходимо собрать, высушить и взвесить растительную массу, например при уборке урожая. Именно чистая первичная продукция доступна для использования в пищевых цепях консументов.

Ежегодно на планете Земля в процессе фотосинтеза создается около 150 млрд т сухой органической массы. Это верхний предел органической пищи, которым могут располагать гетеротрофные организмы.



Разные экосистемы различаются по скорости образования первичной продукции. Наиболее продуктивными являются экосистемы влажных тропических лесов с ежегодной продукцией сухой массы до 3 кг/м², а также субтропических лесов — до 2,5 кг/м². Леса средних широт продуцируют около 1 кг/м² сухой массы в год. Невысока продукция зон открытого океана — в год примерно 0,5 кг/м². Самую низкую продукцию, около 0,1 кг/м² в год, имеют пустыни и тундры.

Вторичная продукция — это биомасса, созданная гетеротрофными организмами за единицу времени на единице пространства. Расчет прироста биомассы производят отдельно для каждого трофического уровня. Это обосновано тем, что при движении вещества и энергии от одного трофического уровня к другому вторичная продукция образуется за счет поступления органического вещества с предыдущего уровня. Гетеротрофы, так же как и автотрофы, используют на прирост биомассы не всю энергию потребленной пищи. Часть ее они расходуют на энергетический обмен и выводят из организма с экскрементами. При усилении физической нагрузки (например, во время миграций) значительная часть энергии потребленной пищи затрачивается на возросший энергетический обмен. Часть энергии, используемой на прирост, зависит от возрастного состава организмов в популяции: чем больше доля младших возрастных групп, способных к росту, тем выше полезная продукция (прирост) сообществ.



ва. Повышение доли особей старших возрастов, не способных к росту, увеличивает расходы потребленной пищи на энергетический обмен, снижая тем самым чистую вторичную продукцию сообщества.

Вторичная продукция в экосистемах значительно меньше первичной, что объясняется потерями энергии при передаче ее с одного уровня на другой, а также неполным потреблением растительноядными организмами продукции растений. Известно, что в наземных экосистемах в пастбищных пищевых цепях потребляется толь-

ко около 7 % продукции растений, а в водных — примерно 40 %. Оставшаяся часть продукции растений после отмирания поступает в детритные цепи разложения.

Общую продуктивность экосистемы нельзя вычислить как простую арифметическую сумму первичной и вторичной продукции, потому что прирост вторичной всегда происходит за счет уничтожения какой-то части как первичной, так и вторичной продукции. Поэтому оценку продуктивности экосистем всегда производят только по величинам первичной продукции.



1. Что такое биомасса? **2.** Что такое продукция? Чем она отличается от биомассы? **3.** Чем отличается первичная продукция от вторичной? **4.** Что такое валовая и чистая первичная продукция? **5.** Каков диапазон различий величин первичной продукции разных наземных экосистем? **6.** Вся ли первичная продукция потребляется растительноядными организмами в экосистемах?

15. Биотические связи организмов в экосистемах. Конкуренция — вид биотических связей

Биотические связи. Каждый организм живет в окружении других живых существ, вступая с ними в разнообразные отношения. Такая связь является необходимым условием их выживания, так как она обеспечивает возможность питания, размножения, расселения. Не все виды отношений между организмами в равной степени полезны каждой из сторон. Некоторые из них приводят к угнетению либо даже гибели одного из организмов.

Живое окружение организма составляет его *биотическую* среду, а разнообразные виды отношений между живыми организмами называются *биотическими*. Рассмотрим важнейшие из них.

Конкуренция. Особи одного или разных видов могут иметь сходные потребности, удовлетворение которых необходимо для их жизни. Однако их суммарные потребности в каком-то ресурсе могут в данный момент време-



ни превышать его запас. В таком случае возникает **конкуренция** — **взаимодействие (соревнование) между особями, вызванное сходными потребностями в ограниченном ресурсе и приводящее к снижению выживаемости, скорости роста и размножения конкурирующих особей.**

В качестве ресурса для животных могут выступать различные пищевые объекты, пространство для закрепления на субстрате, удобные для устройства гнезд места, норы, половой партнер. Для жизни растений — это элементы минерального питания, влага, свет, тепло и т. д.

Если конкурирующие особи принадлежат к одному виду, то взаимоотношения между ними называются *внутривидовой* конкуренцией; если же они относятся к разным видам — *межвидовой* конкуренцией.

Различают две формы внутривидовой и межвидовой конкуренции: прямую и косвенную.

Прямая конкуренция — это непосредственное отрицательное влияние, подавление, вытеснение одних особей другими. Оно может выражаться в разных формах взаимного угнетения: драках, перекрытии доступа к ресурсу, химическом подавлении конкурента и т. п.

Примером прямой конкуренции могут служить обостренные отношения в водоемах Беларуси между двумя видами раков — *узкопалого* и *широкопалого*. Чаще всего узкопалый рак,

как более плодовитый и приспособленный к разнообразным условиям водной среды, вытесняет широкопалого.

В лесах Европы акклиматизированная *американская норка* вытесняет *европейскую*. Обладая большими размерами, плодовитостью и скоростью роста, она быстрее, чем европейская, увеличивает свою численность, что приводит к сокращению ареала распространения европейской норки.

Формой конкуренции среди растений является химическая атака токсическими веществами, подавляющими рост растений других видов. Например, разлагающиеся листья *каштана конского* выделяют в почву токсические соединения, подавляющие рост сеянцев многих видов деревьев. *Лещина обыкновенная* и *дуб черешчатый* своими корневыми выделениями часто угнетают рост под их кроной травянистых растений.



Некоторые виды растений, не требовательные к высокому содержанию азота в почве, способны подавлять корневыми выделениями деятельность азотфиксирующих бактерий и таким образом «закреплять» за собой бедные азотом почвы, вытесняя азотлюбивые растения.

Массово размножаясь в водоемах, цианобактерии своими токсическими выделениями подавляют рост планктонных протистов и нередко становятся единственной доминирующей группой фотоавтотрофных организмов толщи воды. Биологически активные веществ-



Рис. 33. Мечение индивидуальной территории: 1 — зубром; 2 — антилопой

ва — **фитонциды**, выделяемые растениями, и **антибиотики**, вырабатываемые микроорганизмами, направлены на подавление жизнедеятельности многих видов микроорганизмов. Человек научился использовать эту форму взаимодействия организмов для лечения ряда бактериальных заболеваний.

Среди подвижных животных конкуренция нередко принимает такую форму, когда одна особь непосредственно препятствует захвату другой особью части местообитания и использованию находящихся на ней ресурсов. Эта форма внутривидовой конкуренции проявляется в охране особью своей *индивидуальной* территории. У некоторых животных защита своего участка включает жесткие конфликты между конкурентами. У других видов существует более тонкое взаимное распознавание конкурирующими особями запрещающих сигналов. Так, птицы в гнездовой период в качестве маркировки террито-

рии используют характерную песню. Хищные млекопитающие семейства псовых метят границы своего участка мочой, а представители семейства кошачьих — секретом пахучих желез и царапинами на деревьях. *Зубр* маркирует свой индивидуальный участок, сдирая с деревьев кору, а самец *антилопы* оставляет на дереве метку с помощью секрета пахучей железы, расположенной перед глазом (рис. 33). В борьбе за территорию побеждают сильнее особи, которые и оставляют потомство.

Косвенная конкуренция выражается в том, что конкурирующие особи непосредственно не взаимодействуют друг с другом, но реагируют на снижение ресурса из-за присутствия и жизнедеятельности других особей. Так, карпы, конкурирующие за пищу в рыбноводном пруду, влияют друг на друга не прямо, а через уменьшение количества пищи, приходящейся на каждую особь.



Если семена *моркови* посеять густо и не проредить вовремя, то к осени корнеплоды вырастут мелкими. Это является примером косвенной внутривидовой конкуренции у растений за сходные ресурсы: влагу, минеральное питание, свет.

Внутривидовые конкурентные отношения у позвоночных животных, имеющих сложные формы поведения, позволяют выстроить их социальную соподчиненность (иерархию). В жесткой конкурентной борьбе выявляется сильнейший — вожак, а каждая особь занимает свое, отвоеванное место. Такая социальная структура позволяет поддерживать порядок в группе, ее единство, успешно размножаться и совместно защищаться, подчиняясь воле вожака.

*Изучение межвидовой конкуренции в природных условиях часто представляет большие трудности. Поэтому последствия конкурентных взаимоотношений исследуются в лабораторном эксперименте. Классическим примером таких работ являются исследования русского эколога Г. Ф. Гаузе (1934 г.) на двух близкородственных видах *инфузорий*. При выращивании по отдельности каждый вид процветал. При совместном росте выживал только один из них, имевший более высокую скорость роста. Повторение подобных экспериментов с плодовыми мушками *дрозофилами*, мышевидными грызунами, однолетними растения-

ми привело к сходному результату. Это дало основание сформулировать **закон конкурентного исключения**: два вида не могут долго существовать совместно, если они зависят от одного и того же лимитирующего ресурса — один из видов в итоге будет вытеснен.

В результате конкурентного исключения в экосистеме уживаются вместе организмы тех видов, которые в ходе эволюции приобрели различия в потребляемых ресурсах в соответствии с их размерами и формой, химическим составом, местообитанием и сезонностью. Например, четыре вида *медоносной пчелы*, обитающие совместно, избегают конкуренции благодаря различиям в длине хоботка, позволяющего им собирать нектар и пыльцу с цветков разного размера. Или, как видно на рисунке 34, каждый из пяти видов *славков*, живущих в еловых лесах, кормится на разных частях кроны деревьев.

Таким образом, у особей одного вида в присутствии конкурирующих с ними особей другого вида наблюдаются внешние признаки или особенности поведения, отличающиеся от таковых в отсутствии конкурента. Это явление называется **смещением (расхождением) признаков** или **дивергенцией**.*

Конкурентные отношения являются одним из важнейших механизмов формирования видового состава биоценозов и пространственного рас-

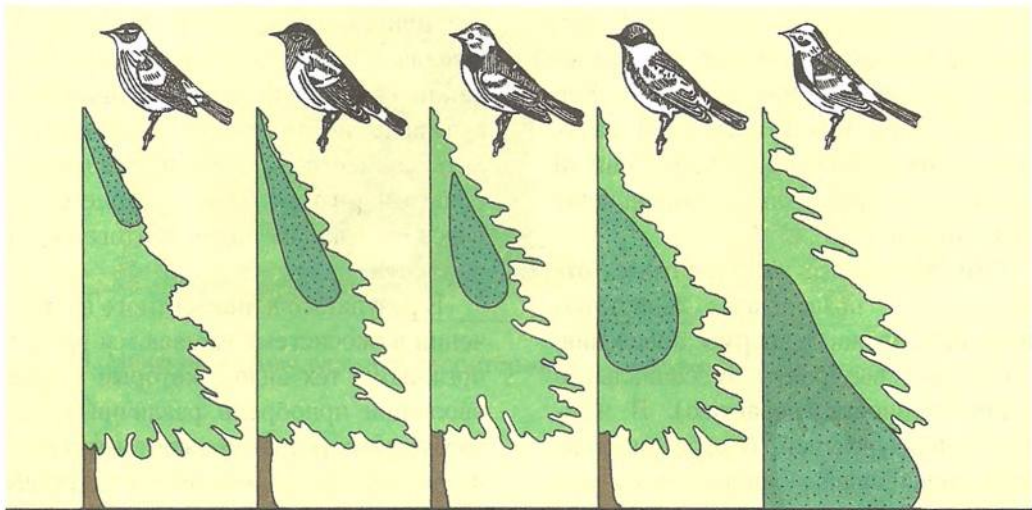


Рис. 34. Питание разных видов славков в различных ярусах древостоя

пределения в них особей. Конкуренционное исключение и эволюционная дивергенция, снижая межвидовую кон-

куренцию, способствуют более полному использованию ресурсов в биотических ценозах.



1. Что такое биотическая среда организмов? Приведите примеры. 2. Что такое конкуренция? Какие формы конкуренции существуют? 3. Чем косвенная конкуренция отличается от прямой? Приведите примеры. 4*. Какова роль конкурентных отношений в эволюционном развитии видов?

16. Взаимодействие хищник — жертва

Хищничество — вид биотических связей. Хищничество — это способ добывания животными пищи, при котором они ловят, умерщвляют и поедают других животных (жертв). Хищничество встречается среди организмов большинства типов животных, а также среди насекомоядных растений и грибов. Хищничество представляет собой основной способ, обеспечиваю-

щий передвижение вещества и энергии в экосистемах.

Известно около 500 видов насекомоядных растений. На территории Беларуси произрастают три из них — *росянка круглолистная*, *пузырчатка* и *жириanka обыкновенные* (рис. 35). С помощью разнообразных приспособлений они ловят мелких насекомых, переваривают их и всасывают.

Животная пища им нужна, главным образом, как источник белка для восполнения недостатка азота в субстрате.

Некоторые грибы также выработали в процессе эволюции особые приспособления для захвата мелких животных. Например, *вешенка обыкновенная*, растущая на гниющей древесине, выделяет обездвиживающее мелких круглых червей (*нематод*) вещество. После этого гифы гриба опутывают червей, проникают в них, переваривают и всасывают.

Наиболее разнообразны и сложны взаимодействия хищников и жертв среди животных. Степень воздействия хищных животных на своих жертв различна и во многом определяется наличием или отсутствием предпочтения к определенному виду жертвы — **избирательностью питания**.

Животные, у которых полностью или частично отсутствует избиратель-

ность в потреблении пищевых объектов, называются **неспециализированными хищниками**. Например, *волки* выбирают как крупных жертв (*лось, олень, косуля*), так и мелких (*заяц, мышевидные грызуны* и др.). *Окунь, щука, судак* охотятся на самые разные виды рыб. Рачки *циклопы* нападают на различных, более мелких, чем они сами, планктонных животных — *дафний, коловраток*.

Неспециализированные хищники, изымая какое-то количество жертв, снижают их численность, что не позволяет жертве подорвать свои кормовые ресурсы. При снижении численности одного вида жертв хищники переключаются на питание другим видом, что способствует поддержанию видового разнообразия. Это объясняется тем, что снижение численности жертв разных видов приводит к соответствующему ослаблению между ними

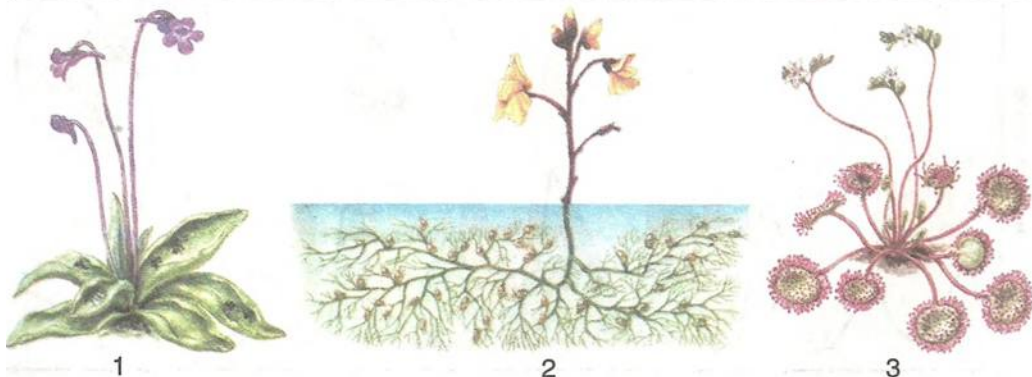


Рис. 35. Насекомоядные растения: 1 — жирянка обыкновенная; 2 — пузырчатка обыкновенная; 3 — росянка круглолистная



как межвидовой, так и внутривидовой конкуренции за сходные ресурсы.

Ученые-экологи не раз отмечали, что полное уничтожение хищников приводит сначала к резкому увеличению численности жертв, а затем к резкому ее снижению из-за быстро распространяющихся болезней или подрыва собственной кормовой базы.

Специализированные хищники питаются одним или немногими видами организмов. Выбор конкретной жертвы определяется ее доступностью. В первую очередь они нападают на больных, слабых, травмированных, более уязвимых старых или совсем молодых, незащищенных особей низшего ранга. Такого рода избирательный отбор повышает жизнеспособность популяции жертвы. Эту роль хищников оценивают как *санитарную*.

Поскольку наличие пищевой спе-

циализации ограничивает возможность переключения на другие виды пищи, могут возникать циклические колебания численности популяций хищника и жертвы.

Классический пример этого — колебания численности *зайца беляка* и *рыси* (рис. 36). На рисунке видно, что численность зайцев регулярно изменяется с периодом 8—11 лет. Примерно с таким же периодом меняется и численность рысей, причем максимум численности наступает на 1—2 года позднее, чем у зайцев. Это происходит потому, что при низкой численности хищников и жертв численность жертв возрастает быстрее. Это объясняется более высокой плодовитостью и скоростью роста зайцев по сравнению с рысьями. По мере возрастания численности зайцев с некоторым отставанием начинает увеличиваться и численность

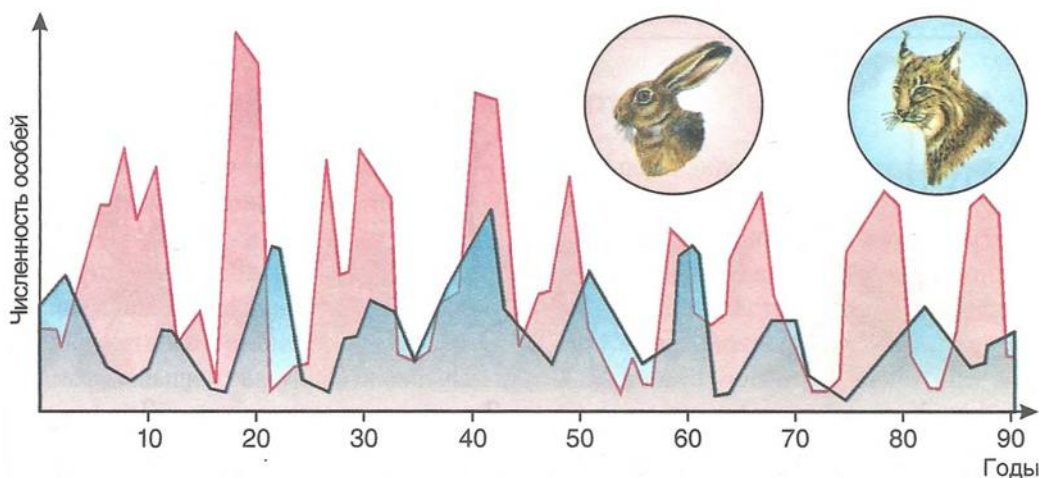


Рис. 36. Динамика численности зайцев и рысей

рысей. Это приводит к сокращению численности зайцев. Жертвы до последней особи не истребляются, так как это энергетически невыгодно хищнику. Кроме того, уровень снижения численности жертв напрямую зависит от наличия убежищ. Численность хищников снижается с некоторым опозданием после уменьшения численности жертв.

Более короткие, 3—4-годовые циклы характерны для обитающих в северных широтах *леммингов*, *мышей* и *полевок*. Соответственно меняется и численность питающихся ими *песцов*, *лис* и *полярных сов*.

Так устанавливается динамическое равновесие между численностью хищника и жертвы, что способствует поддержанию стабильности в экосистеме.

Взаимные приспособления хищника и жертвы. Стратегии хищника и жертвы противоположны: первый стремится найти и поймать, второй — избежать этого. Поэтому параллельно в ходе длительной совместной эволюции происходит усовершенствование взаимных приспособлений как у хищника, так и у жертвы, благодаря чему между ними устанавливается некоторое равновесие.

Защита жертв от поедания хищниками разнообразна. Это **покровительственная окраска** и **форма тела**, делающие жертву незаметной в среде обитания (рис. 37). Высокая скорость передвижения и наличие укрытий также помогают жертве уходить от преследования хищника.

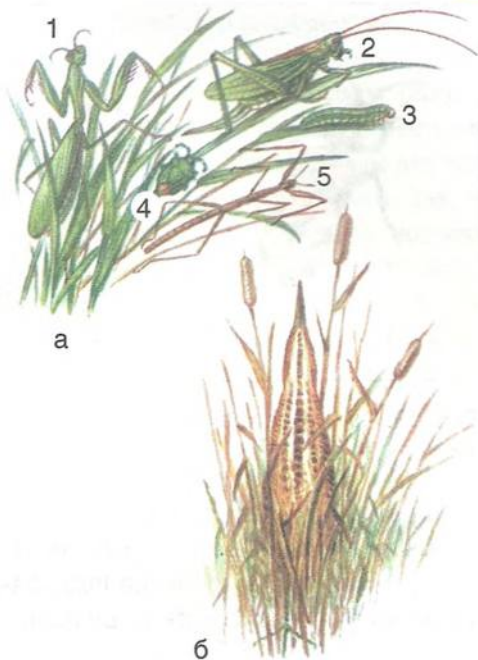


Рис. 37. Покровительственная окраска: а — в траве хорошо маскируются: 1 — обыкновенный богомол, 2 — зеленый кузнечик, 3 — гусеница пяденицы, 4 — зеленый щитник, 5 — палочник; б — выпь большая среди листьев рогоза

У многих животных, не имеющих укрытий, своеобразным способом компенсации потерь от истребления хищниками является **усиление размножения**. Этот способ характерен, например, для *тлей*, многих планктонных ракообразных (*дафний*), *коловраток*, приобретших партеногенетический способ размножения. Высокая плодовитость, быстрое половое созревание, появление в потомстве только партеногенетических самок позволяют



Рис. 38. Предупреждающая окраска: 1 — ядовитый жук *нарывник*; 2 — *скунс*; 3 — *древолаз*

за короткий промежуток времени значительно увеличивать численность особей. Эти приспособления позволяют жертве противостоять хищникам.

*Как средство защиты от поедания многие животные вырабатывают яды и токсины. В этом случае они имеют яркую **предупреждающую окраску** (рис. 38). Механизм действия ядов различен. Так, некоторые виды *многоножек* (трахейнодышащих членистоногих) в качестве оборонительного средства секретируют **синильную кислоту**, вызывающую у нападающих на них животных судороги, паралич, удушье. Жуки *нарывники* и *шпанские мушки*

синтезируют **кантаридин** — вещество кожно-нарывного действия. **Батрахотоксин** ядовитых *лягушек* из Колумбии нарушает работу нервных и мышечных тканей. **Буфоталин** — токсин европейских видов жаб — останавливает у хищника сокращение сердца.

Контрастная окраска *скунса* предупреждает, что он владеет страшным «оружием» — отвратительно пахнущим секретом анальных желез.*

Таким образом, в результате совместной эволюции хищники и жертвы выработали сложные механизмы взаимных приспособлений, способствующих сохранению баланса между ними.



1. Почему хищничество рассматривается в качестве главного способа передвижения вещества и энергии в экосистемах?
2. Что такое избирательность питания хищника?
3. Какова роль неспециализированных хищников в экосистемах?
4. Как специализированные хищники выполняют санитарную функцию в биоценозах? Приведите примеры.
5. Каковы последствия динамики численности специализированных хищников и их жертв? Приведите примеры.
6. Каковы способы защиты жертв от истребления хищниками?

17. Симбиоз как форма биотических взаимоотношений

Симбиоз — это форма тесных взаимоотношений между организмами разных видов, выгодная хотя бы для одного из них (комменсализм, синойкия, паразитизм) или для обоих (мутуализм). Симбиотические отношения широко распространены в природе.

Комменсализм (нахлебничество, сотрапезничество) (лат. *com* — совместно, сообща, *mensa* — трапеза, стол) — форма отношений между организмами разных видов, при которой один из них (комменсал) питается остатками или избытком пищи другого, не причиняя ему вреда. Выгоду от совместного существования извлекает только комменсал, присутствие которого для партнера остается фактически безразличным.

Таковы отношения *белых медведей* и *песцов*, которые поедают остатки пищи, добытой и недоеденной медведем. Комменсалами крупных рыб, например *акул*, являются *рыбы-прилипалы*. С помощью присосок на голове они прикрепляются к брюху акулы, передвигаясь вместе с ней и при случае деля с ней добычу. Акуле они не приносят ни вреда, ни пользы. Некоторые виды морских кольчатых червей рода *нереис* поселяются на раковине, занимаемой *раком-отшельником*, и питаются остатками его пищи.

Синойкия (сожитительство) (греч. *syn* — вместе и *oikos* — дом, жилище) — наименее тесное симбиотиче-

ское сожитительство организмов разных видов, ограничивающееся совместным местообитанием, безразличным для одного, но полезным для другого. Так, в гнездах птиц, норах грызунов поселяются разнообразные виды членистоногих, находящие там подходящий для жизни микроклимат. Некоторые виды рыб на коралловых рифах живут среди щупалец актиний и медуз.

К синойкии относят также поселения лиан (рис. 39), плющей, лишайников, мхов на стволах деревьев.



Рис. 39. Лианы



Паразитизм — форма межвидовых взаимоотношений, носящая антагонистический характер, когда один из видов (паразит) использует другого (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи. Среди паразитов различают эндо- и эктопаразитов.

Эндопаразиты живут в теле хозяина и питаются его тканями или содержимым кишечника. К ним принадлежат плоские черви (*печеночный сосальщик*, *бычий* и *свиной цепни*, *эхинококк*), круглые черви (*аскарида*, *трихина*, *власоглав*, *острица детская*), протисты (*малярийный паразит*, *лямблия*, *трихомонас*), бактерии (*туберкулезная*, *дифтерийная* и *столбнячная палочки*, *холерный вибрион* и др.),

вирусы, вызывающие опасные заболевания человека: грипп, корь, СПИД, полиомиелит, свинку, бешенство и др.

Эктопаразиты живут в основном на кожных покровах хозяина. Они сосут его кровь, поедают шерсть млекопитающих, перья птиц. Обладая некоторой подвижностью, они могут переходить от одного хозяина к другому. Эктопаразитами являются *вши*, *блохи*, *клещи* и др.

Паразиты имеют специализированные покровы, защищающие их от воздействия пищеварительных соков хозяина, органы прикрепления (присоски, крючья). Многим эндопаразитам свойственны сложные циклы развития со сменой хозяев, большая плодовитость.

Мутуализм (лат. *mutuus* — взаимный) — форма обязательного сожительства организмов двух или более видов, при которой каждый получает пользу друг от друга и ни один из них не может существовать самостоятельно.

Примером мутуалистических взаимоотношений является сожительство клубеньковых бактерий рода *ризобиум* с корнями растений семейств бобовых (рис. 40), мимозовых. Внедрение бактерий в растение происходит через корневые волоски. Ткани корня под влиянием ростового вещества, выделяемого бактериями, усиленно разрастаются и образуют клубеньки. Бактерии в клубеньках быстро размножаются, заполняя клетки. В результате такого тесного сожительства растение обеспечивает бактерий питательными веще-



Рис. 40. Клубеньковые азотфиксирующие бактерии на корнях люпина желтого

ствами (главным образом, сахарами) и создает оптимальные условия для их жизни. Бактерии, в свою очередь, связывают атмосферный молекулярный азот и превращают его в соединения, которых достаточно и для бактерий, и для растений. После отмирания корней почва обогащается соединениями азота, что повышает ее плодородие.

Существует также взаимовыгодное сожительство между корнями большинства групп голосеменных и цветковых растений и грибами, называемое **микоризой (грибокорнем)**. При этом мицелий гриба оплетает корни растений и проникает под эпидермис или даже в клетки паренхимы корня, где может образовывать скопления в виде клубков. Микоризный гриб увеличивает всасывающую поверхность корня в 10—14 раз. Он выделяет витамины, ростовые вещества, стимулирующие развитие корня, повышает всасывание фосфора из почвы. От растения гриб получает сахара и другие органические соединения, корневые выделения, способствующие прорастанию его спор.

Лишайники (рис. 41) также представляют собой мутуалистическое сожительство гриба с фотоавтотрофными организмами — цианобактериями и протистами. Фотоавтотрофный компонент снабжает гриб органическими веществами. Большинство видов цианобактерий, входящих в состав лишайников, способны фиксировать атмосферный азот. Такие лишайники могут расти там, где азота мало. В свою оче-

редь гриб поставляет фотоавтотрофному организму воду с растворенными минеральными солями, защищая его от высыхания. Такая организация лишайников позволяет им получать питание из воздуха, атмосферных осадков, росы и туманов, пыли, оседающей на слоевище. Поэтому лишайники широко распространены в природе. Они обитают по всему миру — от безводных

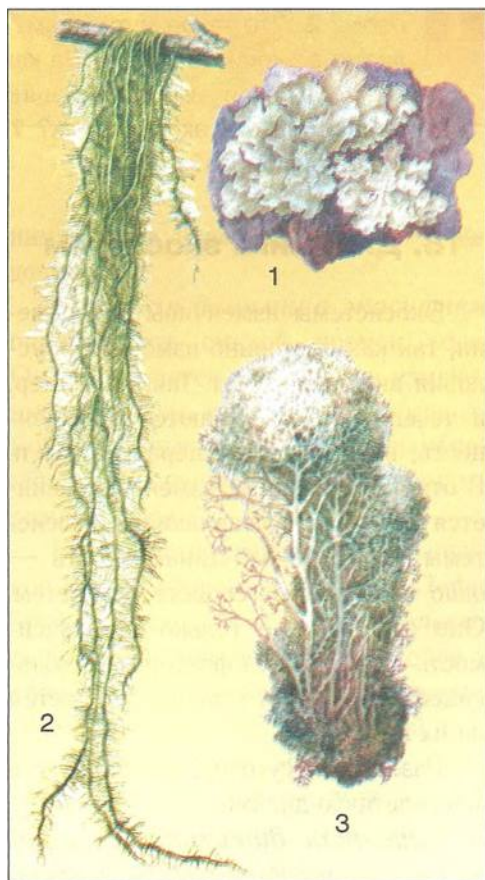


Рис. 41. Лишайники: 1 — пармелия; 2 — уснея; 3 — кладония



пустынь до Арктики: на голой почве, стволах деревьев, раскаленных солнцем скалах, на крышах, заборах и т. п.

В пищеварительном тракте жвачных парнокопытных животных, термитов и тараканов обитают симбионты — бактерии, инфузории и жгутиковые. Они вырабатывают специальные ферменты, помогающие животному-

хозяину переваривать жесткий растительный корм. Животное-хозяин предоставляет организмам-симбионтам место для обитания и пищу.

Таким образом, многообразие форм взаимоотношений между организмами разных видов создает ту необходимую биотическую среду, в которой возможно их нормальное существование.



1. Какая форма взаимоотношений между организмами называется симбиозом? **2.** Что такое мутуализм? Приведите примеры. **3.** Какова роль мутуализма в экосистемах? **4.** На какой основе возникает симбиоз? **5.** Чем паразитизм отличается от хищничества? В чем их сходство? **6.** Какова роль паразитизма в экосистемах? **7.** Чем комменсализм отличается от других видов симбиоза?

*18. Динамика экосистем

Экосистемы изменчивы во времени, так как постоянно изменяются условия внешней среды. Так, например, в течение суток меняются освещенность, влажность, температура и т. п. В ответ на сезонные изменения меняется и живая составляющая экосистемы — биоценоз. Динамичность — одно из основных свойств экосистем. Оно отражает не только их зависимость от комплекса факторов окружающей среды, но и реакцию экосистем на их воздействие.

Различают суточную, сезонную и многолетнюю динамику.

Суточная динамика. В любой экосистеме имеются группы организмов, активность которых связана с разным временем суток. Например,

дневные бабочки и пчелы активны в послеполуденное время, когда температура воздуха наиболее высокая (рис. 42). В сумеречное и ночное время активными становятся ночные бабочки (*бражники*), *комары*.

Среди птиц известны дневные хищники (*сокол, орел, ястреб тетеревятник*), обнаруживающие жертву с помощью зрения, и ночные хищники (*совы, филины*), которые находят жертву с помощью чуткого слуха.

Пресмыкающиеся средних широт наиболее активны в дневное время, а в пустыне, наоборот, их активность возрастает в сумерки и ночью, когда спадает жара и основной объект их питания — грызуны выходят из

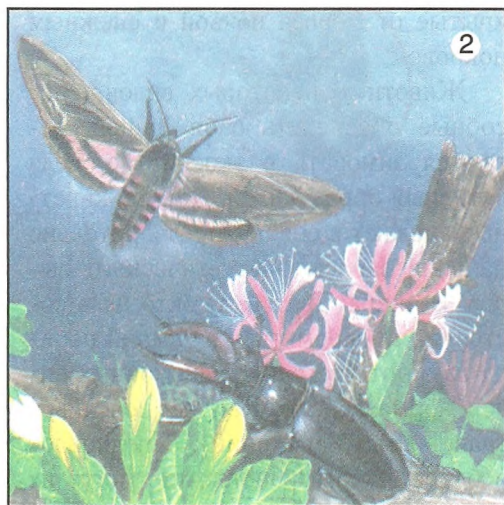


Рис. 42. Дневные (1) и ночные (2) насекомые

своих нор отыскивать растительную пищу.

Суточная динамика жизнедеятельности наблюдается и у растений. Так, фотосинтез с выделением кислорода осуществляется в дневное время, а ночью растения, как и животные, потребляют кислород и выделяют углекислый газ. Цветки некоторых видов растений (например, *жимолость каприфоль*) начинают сильно пахнуть только в вечернее и ночное время, чтобы своим ароматом привлечь ночных насекомых-опылителей (см. рис. 42).

Чрезвычайно интересны и грандиозны по своим масштабам суточные вертикальные миграции зоопланктона в морях и пресных водоемах. Днем эти животные держатся в более глубоководных зонах, а ночью под-

нимаются в поверхностные слои водоемов.

Сезонная динамика экосистем определяется сменой времен года. Она выражается не только в изменении состояния и активности организмов отдельных видов, но и в изменении соотношения между организмами разных видов.

Большинство деревьев и кустарников к зиме сбрасывают листву. Перед этим происходит отток питательных веществ из листьев в ткани стебля и корня. Приостанавливается активное деление клеток образовательной ткани. У однолетних растений к этому неблагоприятному периоду года успевают созреть семена, а вегетативные органы отмирают. У многих трав остаются жизнеспособными лишь корне-вая система и зимующие почки, при-



крытые от мороза почвой и снежным покровом.

Животные некоторых видов, способные обеспечить себя пищей, остаются зимовать в экосистеме, ведя активный образ жизни. Другие животные впадают в спячку, предварительно накопив запасы энергетического сырья — жира. Третьи, те, кто не в состоянии прокормиться в зимний период из-за отсутствия традиционных видов корма (насекомых, земноводных, травянистых растений), мигрируют в более южные районы, где могут их добыть. Такое явление хорошо известно для *перелетных* птиц, ряда видов копытных млекопитающих и др. Таким образом, *оседлые* виды составляют ядро биоценоза, тогда как *сезонные* определяют его облик в отдельные периоды года.



Рис. 43. Сон-трава, или прострел луговой

С наступлением весны жизнь в экосистеме активизируется. Раньше других растений на проталинах расцветают первоцветы (*перелески, мать-и-мачеха, прострелы* — рис. 43), происходит опыление ольхи, орешника. Из мест зимовок возвращаются перелетные птицы (*серые гуси, скворцы, аисты* и др.) и, как и зимующие виды, строят гнезда, откладывают и насиживают яйца, кормят птенцов.

В летнее время происходит активный рост, цветение, плодоношение большинства видов покрытосеменных растений. У животных появляется потомство, они активно кормятся и растут, готовясь к осеннему похолоданию и зиме.

Сезонная динамика лучше всего выражена в ландшафтно-климатических зонах с резко различающимися летом и зимой. В частности, это касается тундры, для которой в летнее время характерно большое разнообразие видов птиц, насекомых и других животных. На зиму большая часть из них мигрирует южнее (большинство птиц, *северные олени*), а другие впадают в оцепенение и выключаются из активной жизни (насекомые и другие беспозвоночные).

В тропиках сезонность в биоценозах выражена не столь отчетливо, но все же имеется. Наиболее распространенная ее форма — смена засушливых и влажных периодов.

Растения и животные приспособлялись к условиям разных сезонов года в течение длительного периода их

эволюционного развития. Все адаптации направлены на выживание организмов в меняющихся условиях среды обитания.

Многолетняя динамика. Это явление в большей или меньшей степени свойственно разным группам живых организмов. Оно заключается в значительном, иногда очень резко, изменении численности популяций разных видов, входящих в состав биоценоза. Например, известно межгодовое различие в продуктивности растений, что сказывается в свою очередь на продуктивности животных, питающихся их вегетативными частями, семенами и плодами. Так, в богатые кормами годы взрослые белки имеют в среднем три помета, по 4—6 бельчат в каждом, а при недостатке корма по 2—3 бельчонка. Поэтому в урожайные годы численность белок может возрасти в 7—10 раз по сравнению с неурожайными годами (рис. 44). Такие же резкие межгодовые колебания численности свойственны другим видам грызунов (например, тундровым *леммингам*), хищным млекопитающим (например, *песцам*).

Описаны значительные межгодовые колебания численности мелких грызунов, которые в годы с максимальной численностью называются «мышинными напастями». Нередко отмечаются годы сильного размножения болезнетворных микроорганизмов, вызывающих массовые заболевания рас-

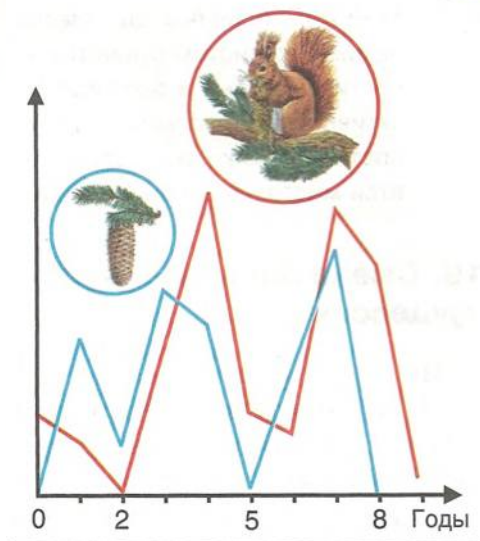


Рис. 44. Зависимость численности белок от урожая семян ели

тений и животных и снижающих их численность и продуктивность.

Причиной межгодовых колебаний численности являются изменения климатических условий и других внешних факторов, обычно воздействующих на организмы экосистемы.

Описанные выше суточные, сезонные, межгодовые аспекты динамики биоценозов связаны с изменением активности разных видов и их соотношением. При этом резкого изменения параметров биоценоза данного типа не происходит, так как имеет место лишь его пульсация с последующим восстановлением. Принципиально иной характер динамики биоценозов имеется в случае, когда одни сообщества сменяются другими.



1. Каковы причины, вызывающие изменения экосистем? 2. Какие виды динамики экосистем существуют? 3. Каковы причины разной суточной активности животных в экосистемах? 4. Существует ли суточная изменчивость активности у растений? Приведите примеры. 5. В чем выражается сезонность динамики экосистем умеренной зоны? 6. Какими причинами вызывается многолетняя динамика экосистем?*

19. Смена биоценозов во времени. Экологические сукцессии

Ни одна экосистема не существует вечно, раньше или позже она сменяется другой. Способность к смене — одно из важнейших естественных свойств экосистем. Длительное существование популяций на одном местообитании так изменяет условия существования организмов — биотоп, что он постепенно становится малопригодным для одних видов, но пригодным для других. В результате на этом местообитании развивается другой, более приспособленный к новым условиям среды биоценоз. Такая **последовательная, направленная, необратимая смена одного биоценоза другим называется экологической сукцессией.**

Проследим, как будет развиваться биоценоз на новом местообитании, лишённом почвы и ещё ни разу не заселённом живыми организмами. Примером такого местообитания может быть остывшая после извержения вулкана лава. Семенные растения не способны заселить столь малопригодное для жизни место. Даже если их семена, попав сюда, прорастут, то всходы быстро погибнут из-за недостатка воды и

элементов минерального питания, а также под прямым воздействием ветра и солнца. Такие условия, однако, выдерживают мхи и лишайники. Споры мхов способны прорасти в трещинах лавы. В случае засухи мхи могут переходить в малоактивное состояние, сохраняя жизнеспособность. При дальнейшем увлажнении их способность к росту будет восстанавливаться. Закрепляются на лаве также и лишайники, поскольку они могут в отсутствие осадков использовать влагу и азот атмосферы. Выделяемые лишайниками кислоты постепенно разрушают и растворяют лаву, а отмершие части лишайников и мхов идут на образование гумуса. Этот процесс происходит чрезвычайно медленно, однако постепенно вулканическая лава покрывается мхами и лишайниками.

Так, в условиях формирующейся почвы, пусть и небольшого ее слоя, появляется возможность для жизни семенных растений. Мхи и лишайники, удерживая влагу, создают условия для прорастания семян и закрепления проростков. Крупные растения, укрепив-

шись на преобразованной лаве, продолжают участвовать в почвообразовательном процессе, кроша лаву своими корнями. Наконец, почвы становятся достаточно для развития кустарниковой и древесной растительности. Под ее пологом уже могут найти условия для роста и теневыносливые растения. Одновременно происходит заселение развивающегося растительного сообщества животными, грибами и микроорганизмами. Так постепенно на безжизненной вулканической породе развивается многовидовая экосистема леса.

Описанная последовательная смена биоценозов, происходящая на вновь образовавшихся и ранее не заселенных местообитаниях, представляет собой пример **первичной сукцессии**.

Аналогичный процесс развития биоценозов и их смена идет на вновь образовавшихся песчаных дюнах, наносах рек, породах, обнажившихся в результате эрозии почвы или отступления ледников, на голых скалах.

Первичные сукцессии — процесс медленный, идущий на протяжении сотен и даже тысяч лет, так как он начинается на местах, где нет запасов органического вещества и почвы.

Вторичные сукцессии происходят на месте сформировавшихся экосистем после их нарушения в результате эрозии, засухи, пожара. В таких местах обычно сохраняются запасы органического вещества, почва. Это влечет за собой быструю сукцессию восстановительного типа. Иногда по-

добные смены протекают на глазах одного поколения людей. Это зарастание водоемов, лесов после вырубki, восстановление лугов после пожара и др.

Примером вторичной сукцессии может служить восстановление лесной экосистемы после вырубки или пожара в еловом лесу. На появившихся открытых пространствах резко меняется режим освещения, температуры, влажности и др. На освещенных, относительно сухих и хорошо прогреваемых местах формируется временное одноярусное сообщество из светолюбивых трав. Первыми здесь развиваются виды с легко распространяющимися семенами: *вейник*, *кипрей*, или *иван-чай* (рис. 45), и др. Это стадия



Рис. 45. Кипрей (иван-чай)



открытой вырубки. Позднее начинают поселяться кустарники. Одновременно формируется связанный с лугово-кустарниковой растительностью комплекс животного населения: многочисленные и разнообразные насекомые и другие беспозвоночные, грызуны, связанные в своей жизни с лугами и лесными полянами. Развитие ягодных кустарников привлекает большое число птиц, наличие хорошо прогреваемых мест — рептилий и т. д. Формируется богатое и разнообразное сообщество зарастающей вырубки.

Эта стадия занимает 3—5 лет, после чего начинается интенсивное развитие светолюбивых мелколиственных древесных пород (*осина, береза, ива* и др.). Постепенно эти подростные деревья вытесняют кустарники и наиболее светолюбивые виды трав: кустарниково-луговое сообщество сменяется молодым лиственным лесом с несомкнутыми кронами. Это влечет за собой обеднение животного населения в связи с исчезновением богатого разнотравья и кустарниковой растительности. После смыкания крон и перехода сообщества в фазу более зрелого лиственного леса с сомкнутой кроной (через 15—20 лет от начала сукцессии) биоценоз вновь несколько усложняется. В нем формируется более или менее полный комплекс растительности и животного населения, характерный для спелых лиственных лесов.

Под древесным пологом, в условиях затенения и повышенной влажнос-

ти, начинается интенсивное прорастание семян ели. Постепенно хвойный молодняк окончательно заглушает луговую травянистую растительность, ее сменяют мхи и лесное разнотравье. Улучшение условий для роста ели подавляет развитие мелколиственных лесных пород. Старые лиственные деревья затеняются выходящими в первый (верхний) ярус елями. Смыкание еловых крон еще больше угнетает рост березы и осины, которые с этого момента становятся второстепенными членами древостоя. В конце концов лиственные деревья полностью выпадают, и восстанавливается исходный тип лесной экосистемы с господством ели. Соответственно изменяется и животное население, прошедшее в процессе сукцессии стадии сорно-луговой растительности, кустарников, лиственного молодого и спелого лесов и, наконец, восстановленного елового леса. Весь процесс от вырубки (пожара) до формирования устойчивого елового биоценоза занимает в среднем 90—150 лет.



Еще одним примером вторичной сукцессии является постепенная смена прудовой или озерной экосистемы лесной (рис. 46). Впадающие в озеро или пруд ручьи и реки несут частички почвы, которые оседают на дно. Постепенно глубина озера уменьшается, оно мелеет, мелководные участки зарастают водными растениями — *кувшинками, тростником, камышом, рогозом* и др. Некоторые виды *осок* начинают расти вблизи берегов сплошным ковром. Иногда они затягивают всю поверхность водоема еще до того,

как он наполнится осадками. Этот растительный покров колеблется под ногами, поэтому такие места называются трясиной. Отмершие растительные остатки — детрит — ускоряют осадконакопление, так как в сильно заросших участках водоема вода застаивается, плохо аэрируется, и детрит слабо разлагается. Наконец, осадков становится так много, что дно обнажается из-под воды и заселяется сухопутными травами, а впоследствии кустарниками и деревьями. В результате водная экосистема замещается наземной.

Как вы могли убедиться на примерах, определяющую роль в ходе сукцессий играют зеленые растения. Смена одних растительных сообществ другими неизбежно приводит к изменению видового состава животных и организмов других царств. По мере усложнения сообщества усложняются и связи между его членами. Менее приспособленные к новым условиям замещаются более приспособленными. Это происходит до тех пор, пока не появятся виды, полностью соответствующие новым условиям среды и способные длительно жить в данном биоценозе. С этого периода устанавливается **зрелое (климаксное) состояние** экосистемы, в которой организмы разных видов имеют относительно постоянное численное соотношение, и дальнейшей смены ее видового состава практически не происходит. Такая экосистема характеризуется большей устойчивостью по сравнению с ранними стадиями сукцессии.

Зрелая экосистема может существовать длительное время, иногда сотни лет, пока какие-либо серьезные



Рис. 46. Превращение озера в лес

воздействия (изменение климата, отступление ледников, антропогенный фактор и др.) не снизят ее стабильность. Смена флоры и фауны, идущая в геологических масштабах, отличается от типичных, описанных выше экологических сукцессий тем, что начинается не с заселения незанятых жизнью мест, а с перестройки внутренних связей уже сложившихся и функционирующих экосистем. Виды, приспособленные к прежним условиям среды, в новых изменившихся условиях замещаются другими видами, адаптированными к новым условиям. Такие смены экосистем уже происходили в истории нашей планеты неоднократно (например, при отступлении ледников).

Таким образом, в ходе экологической сукцессии изменяется не только видовой состав, но и многие другие



параметры экосистемы. Например, видовое разнообразие организмов разных царств, низкое на начальных стадиях сукцессии, становится наибольшим в ее поздней зрелой стадии. Быстрорастущие виды организмов ранних стадий сукцессии сменяются медленно растущими, но более конкурентоспособными. Общая биомасса растений, животных, грибов и микроорганизмов увеличивается и становится максимальной в зрелой стадии. Эта же закономерность касается величины общей продукции экосистемы.

Ход сукцессии сопровождается изменением влажности, освещенности, ветра. Почвообразовательные процессы идут быстрее, накапливаются элементы минерального питания, возрастает доля детрита, круговорот веществ становится все более замкнутым.

В отличие от описанных типов смена биоценозов может происходить несколькими иными путями. Например, вторичная сукцессия восстановительного типа может не достичь исходного биоценоза. Например, выпас скота на вырубках и пожарищах может повернуть ход сукцессии в сторону формирования суходольного леса. Избыточное увлажнение может привести к заболачиванию вырубки, что будет препятствовать восстановлению древесной растительности. В определенных условиях процесс может остановиться на стадии березово-осинового леса. Иногда наблюдается выпадение отдельных стадий развития сукцессии, частичное совмещение или, наоборот, их растянутость во времени. Однако тенденции описанных выше процессов являются наиболее типичными для разных стадий сукцессии.



1. Какие причины лежат в основе смены биоценозов во времени?
2. Что такое экологическая сукцессия?
3. Какие виды сукцессий различаются?
4. С каких организмов начинается первичная сукцессия? Почему?
5. Какие основные сукцессионные стадии можно отметить на заброшенном поле при превращении его в лесную экосистему? Как можно объяснить именно такую последовательность?
6. Каковы закономерности изменения величин биомасс, продукций, видового разнообразия по мере приближения экосистемы к зрелому состоянию?

*20. Разнообразие экосистем

Понятие биома. Вы уже знаете, что экосистемы по размеру бывают разными: небольшими, например пруд, гниющий пень, аквариум, и крупными (тундра, пустыня, океан). Познако-

мимся более подробно с крупными экосистемами.

На нашей планете существуют различные географические зоны, которые характеризуются определенным

комплексом факторов среды, определяющим особенности существования организмов разных видов. Эти зоны заселены только той совокупностью видов, которые в ходе длительного эволюционного развития приобрели соответствующие приспособления, позволившие им жить в этих условиях. Такая **крупная совокупность живых организмов разных видов и среды их обитания в определенной ландшафтно-географической зоне планеты называется биомом** (греч. *bios* — жизнь и лат. *omat, ota* — окончание, обозначающее совокупность).

Примерами наземных биомов являются тундра, тайга, листопадные леса умеренной зоны, субтропические вечнозеленые леса, степи и прерии, саванны, вечнозеленые тропические леса (джунгли), пустыни (см. форзац I). Знакомство с некоторыми из них дает возможность убедиться в наличии теснейшей связи живых организмов со специфической средой обитания, свойственной каждому биому.

Биом листопадных лесов умеренной зоны (рис. 47) занимает области с большим количеством равномерно распределенных в течение года осадков (750—1500 мм) и умеренной температурой, для которой характерны четкие сезонные колебания. Листопадные леса — один из наиболее продуктивных биомов биосферы. Для него характерны мощный почвенный слой, значительные запасы гумуса, хорошо развитая подстилка.

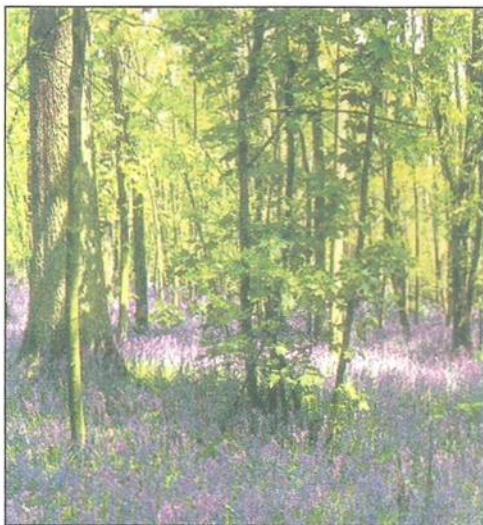


Рис. 47. Листоветный лес умеренной зоны

Растительность. В лесу хорошо заметна многоярусность. Доминируют высокие листоветные деревья: *бук*, *дуб*. Роль березы, как и граба, ясеня, липы, ограничена. Под их пологом располагаются высокие кустарники: *лещина*, *бузина*. В нижнем пологе растут многолетние кустарнички: *брусника*, *черника*, *багульник*, а также цветковые травянистые и споровые растения: папоротники, мхи.

Животные. Хорошо выраженная ярусная структура листопадных лесов, обильная подстилка и мощный гумусовый слой обеспечивают богатство животного населения. Теплое влажное лето и холодная зима со снежным покровом определяют четкую сезонную динамику активности животных. На зиму многие пойкило-



термные (холоднокровные) животные впадают в спячку. Ряд птиц и млекопитающих мигрируют в более теплые регионы, другие впадают в спячку или зимний сон. Лишь немногие сохраняют круглогодичную активность, переходя на питание корой и ветвями деревьев и кустарников, спящими насекомыми и т. п.

В мощном слое опада древесных и кустарниковых пород обитает обширная и разнообразная группа животных-сапрофагов, среди которых много *дождевых червей*, *многоножек*, *клещей*, *личинок насекомых*.

В стволах и ветвях нижней и средней части древостоя поселяются потребители древесины: личинки *усачей* (*дровосеков*), *златок*, *жуков-олень* (рис. 48). В кронах лиственных пород деревьев обильны насекомые, поедающие зеленые листья. Среди них доминируют гусеницы различных бабочек — *пядениц*, *шелкопрядов*, *листоверток*, взрослые формы жуков — *листоедов*, *хрущей*. Особую

группу растительноядных насекомых образуют сокососущие виды — *тли*, *цикады*, *листоблошки*, *клопы* и др.

Немало фитофагов и среди позвоночных. В наземном ярусе обитают мелкие грызуны: *рыжая полевка*, *лесная* и *желтогорлая мыши* и др.

Крупные копытные (*лоси*, *олени*, *лани*, *кабаны*) летом участвуют в потреблении зеленой массы растений, а зимой — веточных кормов и коры деревьев.

Хищные животные населяют все ярусы листопадных лесов. В почвенно-подстилочном ярусе живут хищные *многоножки*, *косянки*, жуки *жужелицы*, хищные *пауки* и *клещи*. Ведущее место среди хищных беспозвоночных занимают *муравьи*, сооружающие наземные гнезда, но обследующие в поисках корма все ярусы леса. Верхние горизонты почвы осваивают *кроты*.

В наземном ярусе обычны амфибии и рептилии: *лягушки*, *тритоны*, *ящерицы*, *змеи*.



1



2



3

Рис. 48. Обитатели леса: 1 — жук-олень; 2 — черный дрозд; 3 — лисица

Насекомоядные птицы собирают корм, главным образом, в кронах деревьев и в подстилке. Здесь обычны *дрозды, мухоловки, синицы, славки и пеночки*.

Хищные звери характерны как для наземного (*лисица, волк, бурый медведь, енотовидная собака, горно-стай, ласка*), так и для древесного (*рысь, куница*) ярусов.

Длительное и интенсивное сельскохозяйственное освоение регионов листопадных лесов привело к резкому обеднению их животного населения, к полному исчезновению многих видов, особенно крупных позвоночных, например *дикого лесного кота*.

Биом пустыни (рис. 49). Важнейшей особенностью пустынных биомов является резкое преобладание испарения над осадками. Недостаток влаги в сочетании с высоким испарением, сухостью воздуха и интенсивной солнечной радиацией определяет главные условия пустынь. Количество осадков в разных пустынных регионах и внутри их варьирует от 150—200 до 40—50 мм в год, вплоть до полного отсутствия.

Растительность. Стратегия выживания растений в пустынях разная. Так, пустынные растения-склерофиты, главным образом деревья и кустарники (*верблюжья колючка, саксаул*), развивают мощные стержневые корневые системы. Они способны проникать в глубокие подземные горизонты повышенной влажности, за счет чего

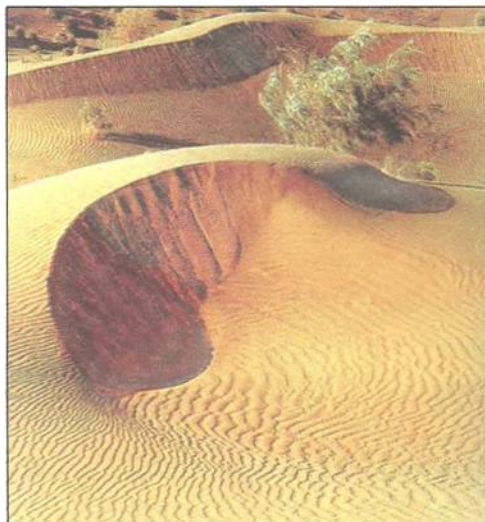


Рис. 49. Пустыня

и существуют растения. Напротив, многие злаки образуют густую мочковатую корневую систему в верхних почвенных горизонтах. Их нитевидные корни проникают в почву на метр или немного более, но поверхностное расположение корней дает возможность использовать припочвенную утреннюю росу или редко выпадающую дождевую воду.

Другие пустынные растения — суккуленты — запасают влагу в водозапасающей паренхиме стеблей (кактусы, молочаи) или в листьях (алоэ, агавы). Медленный расход запасенной воды дает им возможность выжить в самые засушливые периоды года.

Особую группу представляют растения с укороченным жизненным циклом, смещенным на относительно более влажные отрезки года (4—6 не-

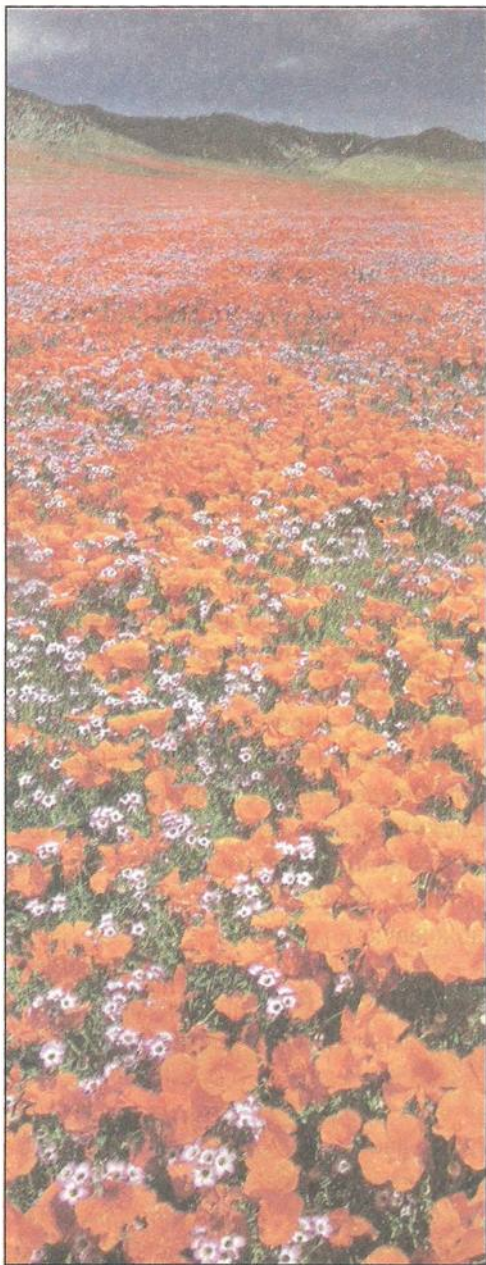


Рис. 50. Пустынный эфемер — мак калифорнийский, или эшольция

дель в начале весны или в конце осени). Это травянистые растения — эфемеры (рис. 50) и эфемероиды. Семена однолетних эфемеров (*мак, крупка, вероника*) и подземные органы (луковицы, клубни, корневища) многолетних эфемероидов (*тюльпан, гусиный лук*) сохраняют жизнеспособность в течение нескольких лет, благодаря чему они и переживают маловодные годы.

Растительным сообществам пустынь свойственны разреженное произрастание над почвой и значительная сомкнутость в подземной части.

Животные. Для них также, как и для растений, характерна разреженность и мозаичность распределения по территории, наличие длительного периода покоя в неблагоприятные для активной жизни сезоны года. Подвижность животных дает им возможность зарываться под землю и проводить там всю жизнь или отдельные ее циклы (*термиты, мокрицы, личинки* многих насекомых и др.).

У животных пустынь хорошо развиты многообразные приспособления (адаптации) к экономии влаги: роговой кожный покров у рептилий, запасание жира как резерва воды в некоторых органах у копытных, в хвосте у грызунов, в горбе у верблюдов (рис. 51). Многим копытным и большинству птиц свойственны миграции и дальние кочевки в поисках воды и пищи. Для многих животных (насекомых, ящериц, мелких птиц)



1



2

Рис. 51. Адаптации животных пустынь к экономии влаги: 1 — двугорбые верблюды; 2 — гремучая змея

характерен ночной и сумеречный образ жизни, при котором активность приходится на наиболее благоприятные часы суток. Некоторые дневные ящерицы (*агамы*) и змеи в середине дня забираются на высокие ветви кустарников, где воздух менее нагрет, чем в приземном слое.

Таким образом, сравнение двух рассмотренных биомов дает четкое

представление о тесной связи внешнего строения и физиологических особенностей живых организмов со средой их обитания. Разнообразие условий жизни в разных регионах планеты влечет за собой многообразие живых организмов, их заселяющих, а следовательно, и формирование разнообразнейших экосистем — «кирпичиков» биосферы.



1. Что такое биом? Приведите примеры биомов. **2.** Какими основными факторами внешней среды отличаются биомы листопадных лесов? Пустынь? **3.** Сравните стратегии выживания доминирующих групп растений в биоме листопадных лесов и пустынь. Приведите примеры. **4.** Каковы особенности вертикального распределения животных листопадных лесов? Пустынь? Чем они объясняются?*



21. Агроэкосистемы и их особенности

Понятие агроэкосистемы (агроценоза). В биосфере, помимо естественных экосистем (лес, тундра, степь, пустыня, река, горы, море и т. д.), существуют **агроэкосистемы** (греч. *agrōs* — поле) — **сообщества растений, животных, грибов и микроорганизмов, созданные человеком для получения сельскохозяйственной продукции или рекреации (отдыха).**

Примерами таких экосистем являются поля, огороды, сады, парки, луга, зеленые насаждения, наземные и морские пастбища (рис. 52).

В агроэкосистемах человек создает благоприятные условия для выращиваемых организмов, осуществляет контроль за всеми этапами производства полезной для него продукции и развития самой системы. Для этого он применяет специально разработанные агротехнические приемы: посев (посадку) высокопродуктивных сортов растений, при необходимости искусственное орошение, внесение удобрений, различные способы обработки почвы (вспашку, боронование, дискование), борьбу с сорняками, вредителями и болезнями растений.

Структура агроэкосистемы. Как и любая природная экосистема, агроэкосистема (агроценоз) обладает определенным составом организмов (культурные растения, сорняки, насекомые, дождевые черви и др.) и харак-

терными взаимоотношениями между ними и средой обитания. Эти взаимоотношения наиболее четко проявляются на уровне трофических связей, в которые и вмешивается человек, регулируя их с пользой для выращиваемых организмов.

В агроценозе (например, на пшеничном поле) складываются те же пищевые цепи, что и в природной экосистеме. Продуцентами являются *пшеница и сорняки*, консументами — *насекомые, птицы, полевки, лисы*, редуцентами — *грибы и бактерии*. В функционирование каждого звена пищевой цепи вмешивается человек, создавая с помощью агротехнических приемов благоприятную среду для получения высоких урожаев пшеницы.

Отличия агроэкосистем от естественных экосистем. Между естественными и искусственными экосистемами наряду со сходством имеются и большие различия, которые следует учитывать в сельскохозяйственной практике.

Во-первых, в природных экосистемах в результате длительной эволюции организмы приобрели полезные адаптации для жизни в конкретных типах экосистем. Все неконкурентоспособные виды были исключены из состава биоценоза самой природой — в ходе *естественного* отбора. Поэтому естественный биоценоз характеризу-

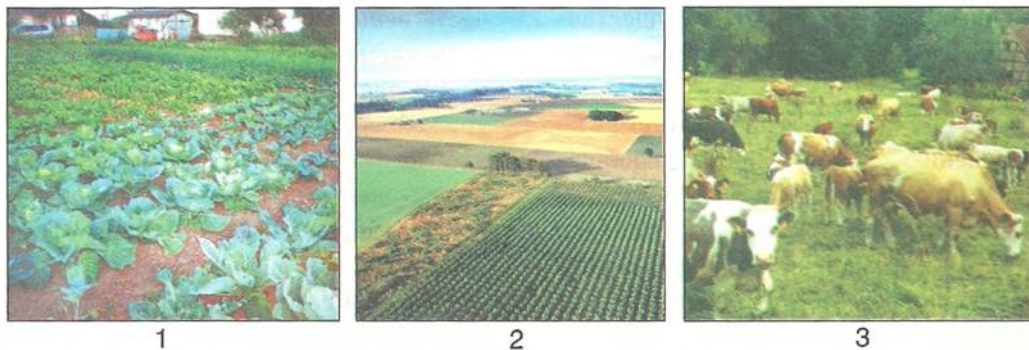


Рис. 52. Агроценозы: 1 — огород; 2 — поле; 3 — пастбище

ется устойчивостью и приспособленностью к условиям среды обитания.

В агроэкосистемах выращиваются организмы с нужными для человека признаками, свойствами, которые он создал *искусственным* отбором. Поэтому полученные человеком сорта растений, породы животных, обладающие рядом полезных для него признаков, не могут конкурировать с представителями дикой флоры и фауны. Вот почему человек должен оберегать, защищать, создавать оптимальные условия для выращиваемых организмов. По этой причине устойчивость агроценозов невелика. Они не способны к самоподдержанию, подвержены угрозе гибели от массового размножения сорняков, вредителей и возбудителей болезней.

Не сложно представить, каков будет урожай картофеля, если человек не примет меры по защите посевов от *колорадского жука*. Сомнительно получить высокий урожай яблок,

если не бороться с вредителями этой культуры — *яблонной плодовой жоркой* и *яблонным цветоедом*. Без подавления развития фитопатогенных грибов (*ржавчинных, мучнисторосяных, фузариевых* и др.) невозможно вырастить высокий урожай зерновых культур, плодов и овощей. Поэтому без участия человека, его неустанного внимания и активного вмешательства в жизнь агроэкосистемы она через какое-то время разрушается под натиском более приспособленных организмов естественной флоры и фауны.

Во-вторых, для естественных экосистем основным источником энергии является Солнце. Для поддержания жизни агроэкосистемы, помимо солнечной, необходима дополнительная энергия, которую человек затрачивает на производство удобрений, препаратов для борьбы с сорняками и вредителями, на орошение или осушение земель, вспашку, боронование,



прополку и т. п. Без этого существование агроценозов практически невозможно.

В-третьих, в агроэкосистемах по сравнению с естественными сообществами резко снижено видовое разнообразие живых организмов. На полях обычно выращивают один или несколько видов (сортов) растений, что приводит к значительному обеднению видового состава естественной фауны, грибов и микроорганизмов. Более того, биологическое однообразие выращиваемых культурных растений, занимающих огромные площади, является основной причиной возникновения массового размножения («экологического взрыва») их вредителей и возбудителей болезней.

В-четвертых, существенным различием между естественной экосистемой и агроэкосистемой является разный баланс питательных элементов. В природных экосистемах первичная и вторичная продукция потребляется и преобразуется внутри экосистемы, т. е. в замкнутом круговороте веществ. В агроценозе круговорот веществ нарушается, он становится отрицательным, поскольку значительная

часть вещества забирается человеком с урожаем и покидает экосистему. Поэтому для дальнейшего поддержания урожайности выращиваемых культур необходимо постоянное возмещение потерь вещества путем внесения в почву удобрений (азотных, фосфорных, калийных, микроэлементов).

Таким образом, по сравнению с естественными природными экосистемами агроэкосистемы имеют ограниченный состав растительных и животных компонентов, не способны к саморегуляции, подвержены угрозе гибели от массового размножения вредителей или возбудителей болезней. Поэтому они требуют неустанной поддержки со стороны человека.



Агроэкосистемы на Земле занимают примерно 10 % всей поверхности суши (1,2 млрд га) и дают человечеству около 90 % пищевой энергии. Их неоспоримые преимущества перед естественными экосистемами заключаются в больших потенциальных возможностях увеличения продуктивности. Этого можно достичь только при постоянном, научно обоснованном уходе за почвой, обеспечении растений влагой и элементами минерального питания, защиты выращиваемых организмов от действия неблагоприятных факторов среды.



1. Что такое агроценоз? Приведите примеры агроценозов. **2.** Чем различаются агроценозы и естественные экосистемы? **3.** Каковы особенности круговорота веществ в агроценозах? **4.** Каковы пути повышения продуктивности агроценозов? **5.** Какова причина «экологических взрывов» в агроценозах и их опасность?



Глава 3

ВИД И ПОПУЛЯЦИЯ

Природа не знает никаких высших интересов, чем те, что касаются вида, ибо вид относится к индивиду как бесконечное к конечному.

Э. Гартман

- Как различают виды живых существ?
- Чем популяция отличается от отдельных особей, из которых она состоит?
- Почему численность популяции изменчива?





22. Вид. Признаки и критерии вида

Понятие вида. Вид — это совокупность особей, которые обладают наследственным сходством, могут свободно скрещиваться и давать плодovitое потомство, приспособлены к определенным условиям жизни и занимают определенную территорию. Вид представляет собой основную, реально существующую единицу живой природы. Вид — это универсальная форма существования жизни на Земле. Остальные систематические категории (роды, семейства, отряды и т. п.) являются производными вида, выделяемыми на основании различных признаков.

Признаки вида. Общими признаками вида, характеризующими его как особую форму организации жизни, являются следующие.

Каждый вид характеризуется **сходством внешнего и внутреннего строения** особей. Особи каждого вида обитают только в пределах **определенной территории** и в **определенных экологических условиях**.

Каждый вид обособлен от других видов в пространстве по особенностям размножения, т. е. обладает **репродуктивной изоляцией**.

Вид представляет собой не просто совокупность особей, а **сложно организованную систему**, обладающую внутренней структурой. Внутривидовые единицы (подвид, разновидность,

популяция, семья, особь) объединены в единую систему.

У особей, составляющих вид, продолжительность жизни ограничена. Вид же как таковой за счет смены поколений способен существовать неопределенно долго, т. е. он **устойчив**. Правда, устойчивость вида во времени относительна, так как изменения условий среды могут оказаться причиной его вымирания. Следовательно, вид возникает, развивается, а затем по разным причинам исчезает, уступая место другим видам, или изменяется, давая начало другим формам.

Критерии вида. Виды отличаются друг от друга рядом свойств. В одних случаях виды внутри рода различаются по строению — морфологически (рис. 53), в других — особенностями географического распределения, а совместно обитающие близкие виды животных — лишь характером поведения, например брачного.

Признаки, по которым один вид можно отличить от другого, называются критериями вида.

Морфологический критерий предполагает описание внешних (морфологических) признаков особей, входящих в состав определенного вида. Этот критерий — самый простой и удобный, и поэтому широко используется в систематике. Однако морфологические признаки очень изменчивы. Например, в пределах одного вида могут

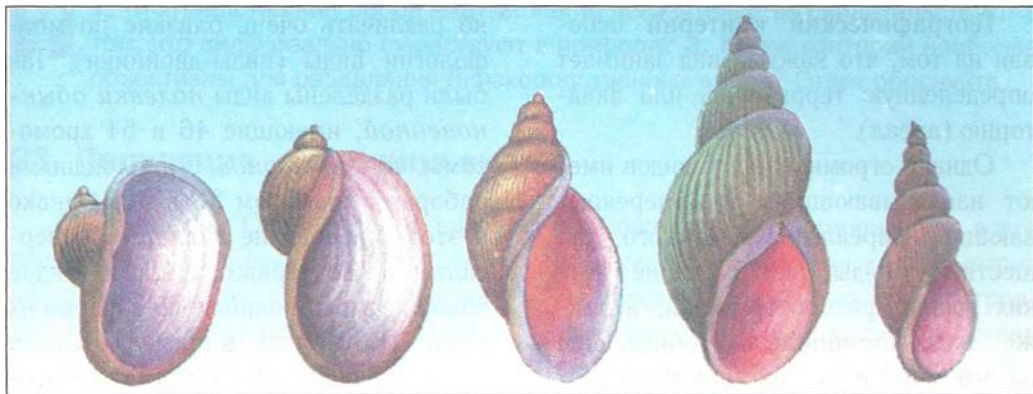


Рис. 53. Морфологические различия строения раковин моллюсков *прудовиков* разных видов

быть особи, которые сильно различаются внешне (такое явление получило название полиморфизм). Это может быть связано с наличием разных стадий развития растений и животных, чередованием в жизненном цикле полового и бесполого поколений и т. п. Так, личиночные и взрослые стадии многих насекомых совершенно не похожи друг на друга. Морфологически различаются стадии медуз и полипов у кишечнорастворных, гаметофит и спорифит у мхов, хвощей и папоротников.

Существуют и виды-двойники, практически одинаковые по морфологии, но не скрещивающиеся между собой по ряду причин (виды *малярийного комара*, *черных крыс* и др.). Около 5 % всех видов червей, насекомых, земноводных, рыб, птиц составляют виды-двойники.

Не зная этого, каждый морфологический тип можно принять за са-

мостоятельный вид или, напротив, разные, но морфологически похожие виды можно неверно отнести к одному виду. Следовательно, морфологический критерий не может быть единственным при определении вида.

Физиологический критерий заключается в сходстве всех процессов жизнедеятельности у особей одного вида, прежде всего в сходстве размножения. Особи разных видов, как правило, не скрещиваются между собой по причине различия сроков созревания половых клеток, строения полового аппарата, поведения в брачный период и т. п. Между разными видами существует физиологическая изоляция, хотя в некоторых случаях (разные виды *канареек*, *зябликов*, *зайцев*, *тополе*, *ив*) возможно скрещивание, дающее плодовитое потомство. Отсюда следует, что физиологический критерий тоже относителен.



Географический критерий основан на том, что каждый вид занимает определенную территорию или акваторию (ареал).

Однако огромное число видов имеют накладывающиеся или перекрывающиеся ареалы. Кроме того, существуют виды, не имеющие четких границ распространения, а также виды-космополиты, обитающие на огромных пространствах суши всех континентов или океана. Поэтому географический критерий, как и другие, не является абсолютным.

Экологический критерий основан на том, что каждый вид может существовать только в определенных условиях, выполняя свойственные ему функции в определенной экосистеме.

Например, *клевер луговой* произрастает на лугах, в светлых и сухих лесах, *клевер пашенный* — в посевах культурных растений, *клевер ползучий* — на пастбищах, *клевер земляничный* — в долинах рек. Существуют, однако, виды, которые не имеют строгой экологической приуроченности. К ним относятся многие виды сорных растений, комнатные и культурные растения, домашние животные.

Генетический (цитоморфологический) критерий предполагает, что каждому виду свойствен определенный набор хромосом (вы уже знаете, что у человека диплоидный набор хромосом равен 46), их форма и размеры. По этому критерию мож-

но различать очень близкие по морфологии виды (виды-двойники). Так были разделены виды *полевки обыкновенной*, имеющие 46 и 54 хромосомы, *крысы черной* с диплоидными наборами хромосом 38 и 42. Однако и этот критерий не является универсальным. Во-первых, у многих видов число хромосом одинаково и форма их сходна. Во-вторых, в пределах одного и того же вида могут встречаться особи с разным числом хромосом. Такие аномалии возникают в случае воздействия на организм различных неблагоприятных факторов — ионизирующей радиации, химических веществ, вирусов и т. п.

Биохимический критерий позволяет различать виды по составу и структуре определенных белков, нуклеиновых кислот, способности некоторых видов образовывать биологически активные соединения (антибиотики, токсины, алкалоиды и др.). Особи одного вида имеют сходную структуру ДНК, что обуславливает синтез специфических белков, характерных для каждого вида. Вместе с тем у многих прокариотов и эукариотов состав ДНК бывает очень близким. Значит, есть виды-двойники и по биохимическим признакам.

Таким образом, ни один из перечисленных критериев вида не является универсальным и абсолютным. При определении вида необходимо учитывать все или большинство критериев в совокупности.



1. Что представляет собой вид? 2. Какие доказательства свидетельствуют о том, что виды реально существуют в природе? 3. Какие критерии наиболее объективны для разделения близкородственных видов? Ответ обоснуйте.

23. Популяция — единица вида

Ареал вида. Особи одного вида распределяются в пространстве крайне неравномерно: они встречаются только в тех местообитаниях, где находят подходящие для жизни условия. Часть поверхности суши или акватории, в пределах которой распространены и проходят полный цикл своего развития особи данного вида, называется **ареалом** (лат. *area* — площадь, пространство) (рис. 54).

Размеры ареалов разных видов могут сильно различаться. У наземных малоподвижных видов, распространение которых ограничено какими-либо непреодолимыми преградами, аре-

ал может занимать территорию всего в несколько квадратных километров и менее. К ним относятся островные или пещерные виды, обитатели горных долин или верхних зон горных хребтов, изолированных водоемов (озер). Виды, занимающие узкий ареал распространения, называются **эндемичными** или **эндемиками**.

Развитию эндемизма способствуют не только географическая изоляция, но и климатические и почвенно-грунтовые условия, отношения организмов в той или иной экосистеме (конкуренция, хищничество, симбиоз). Например, в озере Байкал около 75 % ви-

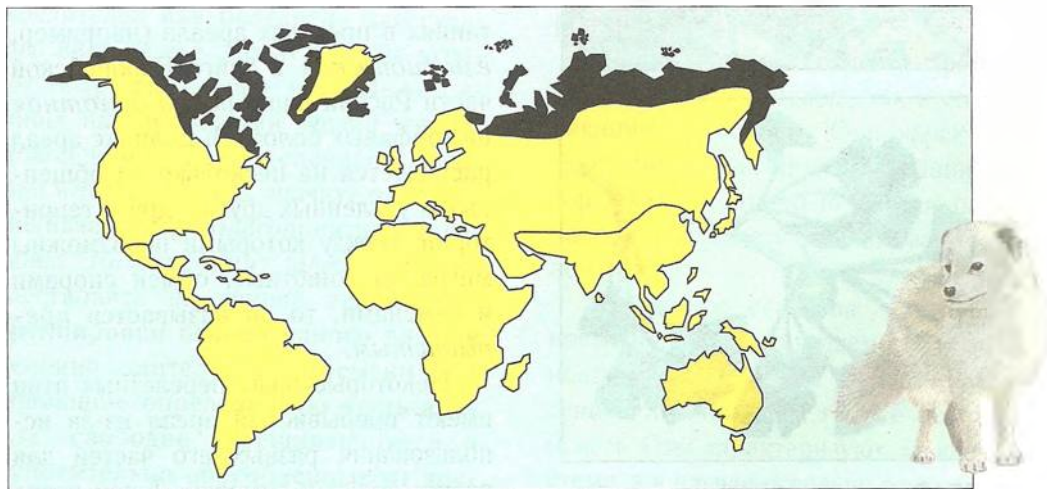


Рис. 54. Ареал песца



дов организмов — эндемики. Наиболее известными эндемиками являются *утконос* и *ехидна*, обитающие в Австралии и Тасмании (рис. 55), древние исчезающие виды растений *гинкго* и *метасеквойя* в Западном и Централь-

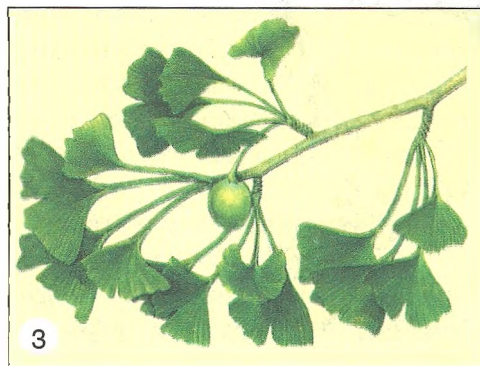


Рис. 55. Эндемики: 1 — утконос; 2 — ехидна; 3 — гинкго

ном Китае, кистеперая рыба *латимерия*, встречающаяся в районе Коморских островов Индийского океана.

Другие виды имеют обширные ареалы, нередко располагающиеся на нескольких материках. Например, на всех континентах встречаются водные и болотные растения (виды *ряски*, *рдеста*, *рогоза*), сорняки (*одуванчик лекарственный*, *пастушья сумка*, *подорожник большой*, *горец птичий* и др.). Огромный ареал имеют *муха комнатная*, *воробей городской*, *серая крыса*, а также подвижные морские млекопитающие — *кашалоты*, *дельфин серый*, *кит синий*, *касатка*. Виды, ареалы которых встречаются на большей части обитаемых областей Земли, называются **всесветными** или **космополитами**.

Ареал называется *сплошным*, если особи вида встречаются во всех подходящих для их жизни местообитаниях в пределах ареала (например, *ель сибирская* в тайге Европейской части России или *клюква болотная* на торфяных болотах). Если же ареал распадается на несколько разобщенных и удаленных друг от друга территорий, между которыми невозможны миграции животных, обмен спорами и семенами, то он называется *прерывистым*.

Некоторые виды перелетных птиц имеют прерывистый ареал из-за использования разных его частей для размножения и зимовки. Такой ареал у *аиста белого*, который размножа-

ется в Европе, а зимует в Африке и на юге Азии (рис. 56).

Популяция — структурная единица вида. В пределах ареала особи того или иного вида обычно распределяются группами разной величины и занимают те его части, где условия в наибольшей степени отвечают требованиям данного вида. Например, *крапива двудомная* в пределах своего ареала произрастает только во влажных тенистых местах с плодородной почвой, часто образуя заросли в поймах рек, смешанных лесах и зарослях кустарников. Колонии *крота европейского* встречаются преимущественно на лесных опушках.

Небольшие по численности группы особей одного вида, как правило, существуют непродолжительное время, после чего они обычно погибают от любых случайностей, например от резкого ухудшения погодных условий, вредителей или болезней. Для судьбы вида более важную роль играют те группы особей, которые устойчивы на протяжении жизни многих поколений. Если численность особей в таких группах значительно увеличивается при благоприятных условиях, то они могут длительно существовать на данной территории. Группировки особей одного вида, в течение длительного времени населяющие определенную часть ареала, свободно скрещивающиеся и относительно обособленные от других группировок того же вида, на-

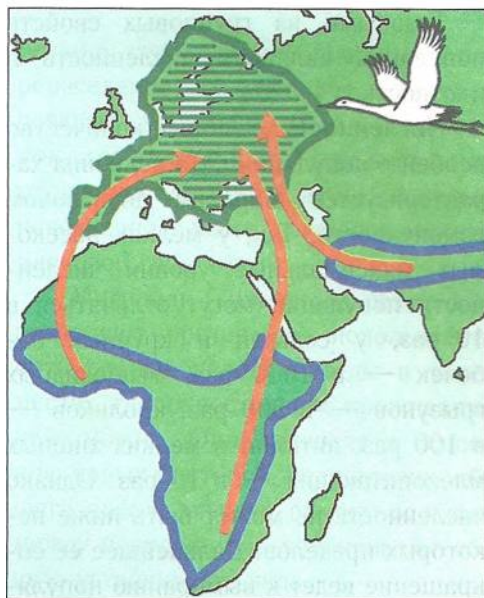


Рис. 56. Ареал аиста белого

зываются **популяцией** (лат. *populus* — народ, население).

Свойства популяций. Популяция обладает определенной структурой и свойствами.

Биологические свойства присущи как популяции в целом, так и составляющим ее особям. Они характеризуют жизненный цикл популяции, которая, как и отдельно взятая особь, растет, развивается и самовоспроизводится.

Групповые свойства — численность, плотность, рождаемость, смертность, прирост, темп роста — присущи популяции как группе особей в целом. Они характеризуют ее как систему, а в случае отдельно взятых особей бессмысленны.



Главными из групповых свойств популяции являются численность и плотность.

Численность — общее количество особей в популяции. Эта величина характеризуется широким диапазоном изменчивости. Так, у мелких насекомых максимальные уровни численности популяции могут отличаться в 10^7 раз, у сельдей и крупных бабочек — в 1000 раз, мышевидных грызунов — в 500 раз, кроликов — в 100 раз, антилоп и мелких хищных млекопитающих — в 10 раз. Однако численность не может быть ниже некоторых пределов. Дальнейшее ее сокращение ведет к вымиранию популяции. Считается, что если численность популяции меньше нескольких сотен особей, то любые случайные причины (пожар, наводнение, засуха, обильные снегопады, сильные морозы и т. д.) могут сократить ее настолько, что оставшиеся особи не смогут встретиться и оставить потомство. Рождаемость перестанет покрывать естественную убыль, и оставшиеся особи в течение сравнительно короткого времени вымрут.

Плотность — число особей или их биомасса на единицу площади или объема (например, 15 растений черники на 1 м^2 ; 175 клеток хлореллы в 1 мм^3 воды). Плотность популяции также изменчива и зависит от численности. При возрастании численности плотность популяции, как правило, увеличивается. Она остается преж-

ней лишь в случае расселения и расширения ареала.

Превышение оптимальной плотности неблагоприятно сказывается на состоянии популяции. При этом сокращается жизненное пространство для каждой особи, иссякают кормовые ресурсы, резко возрастает конкуренция между особями.

Снижение плотности ниже оптимальной приводит к ослаблению защитных свойств популяции, снижает ее плодовитость, что в конечном итоге может привести к вымиранию популяции.

Рождаемость характеризует частоту появления новых особей в популяции за счет размножения. Средняя величина рождаемости каждого вида определилась исторически как приспособление для восполнения убыли популяции. Различают абсолютную и удельную рождаемость.

Абсолютная рождаемость — количество особей, родившихся (вылупившихся, отпочковавшихся и т. д.) в популяции за единицу времени, например за сутки, месяц, год. Однако величина абсолютной рождаемости находится в прямой зависимости от численности популяции. Поэтому более объективным показателем является *удельная рождаемость* — количество особей, родившихся в популяции за единицу времени в расчете на одну особь (или на тысячу особей). Показатель удельной рождаемости позволяет сравнивать скорость рождаемости в



популяциях с разной численностью. Обычно рождаемость в каждой популяции уравновешена смертностью.

Смертность (*абсолютная и удельная*) характеризует скорость убывания численности популяции вследствие гибели особей от хищников, паразитов, болезней, физиологической неполноценности, старости и т. п.

Величины рождаемости и смертности изменчивы во времени и зависят от возрастной и половой структуры популяции, обеспеченности пищей и ряда других факторов.

На численность популяций существенное влияние оказывают также миграции особей.

Миграции — закономерные перемещения животных между существенно различными, пространственно разобщенными средами обитания. Подобные переселения вызываются изменением требований животного к условиям обитания на разных стадиях развития. Массовое перемещение особей между популяциями может изменить их структуру и основные свойства (предотвратить гибель популяции, находящейся на грани вымирания, или, наоборот, привести к ее

резкому сокращению). Например, перенаселение или массовое выселение оседлых животных (*белок, кедровок, леммингов* и др.) при внезапном ухудшении условий (засуха, пожары, наводнения), часто заканчивается их массовой гибелью.

Миграции (*суточные, сезонные*) позволяют организмам использовать оптимальные условия среды в таких местах, где их постоянное проживание невозможно. Они приводят к освоению новых биотопов, расширению общего ареала вида, к обмену особями между популяциями, увеличивают общую устойчивость вида.

При отсутствии миграции динамика численности популяции зависит от соотношения рождаемости и смертности. Если величина рождаемости выше смертности, то численность будет возрастать. Наоборот, если смертность превышает рождаемость, численность популяции снижается.

Таким образом, амплитуда и период колебаний численности популяций зависят от степени изменчивости окружающей среды, а также от биологических особенностей конкретного вида.

- ?** 1. Что такое ареал? 2. Какие типы ареалов существуют? Чем они отличаются друг от друга? 3. Какие свойства популяций вы можете назвать? 4. Перечислите и охарактеризуйте групповые свойства популяций. 5. Изменение каких показателей популяции определяет динамику ее численности?



24. Структура популяций

Каждая популяция любого вида как биологическая система обладает определенной структурой — определенным количественным соотношением особей, отличающихся по морфологическим и физиологическим признакам, возрасту, полу, характеру распределения в пространстве и другим свойствам.

Пространственная структура популяции характеризуется особенностями и характером размещения особей популяции в пространстве. Она определяется свойствами местообитания и биологическими особенностями вида, поведением его особей. Природным популяциям свойственны три типа распределения особей: случайное, равномерное и групповое (рис. 57).

Случайное распределение встречается редко и только в однородной среде, где слабо выражена конкурен-

ция между особями и практически отсутствуют групповые формы поведения. Такое случайное распределение установлено, к примеру, у *пауков*, обитающих в подстилке, некоторых *тлей* на листьях березы, *моллюсков* на илистых отмелях.

Равномерное распределение характерно для видов, отличающихся жесткой конкуренцией между особями за одинаковые ресурсы среды и сильным территориальным инстинктом (хищные *рыбы*, *млекопитающие*, *птицы*, *пауки*). Оно отмечено также у малоподвижных и сидячих форм животных на выровненных по условиям участках, а также в агроценозах — садах, огородах, парках. Так, при посадке кустов ягодных культур, ряда овощных растений с помощью мерной ленты (рулетки) можно добиться почти идеально равномерного распределения.

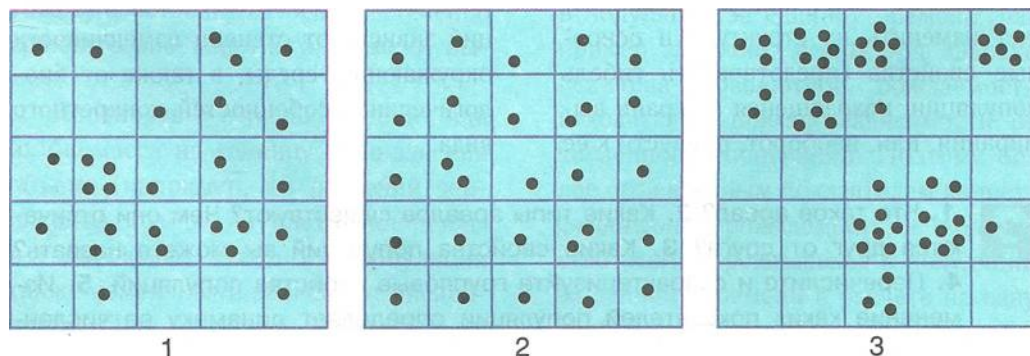


Рис. 57. Типы пространственного распределения особей в популяции: 1 — случайное; 2 — равномерное; 3 — групповое



Групповое распределение является наиболее распространенным типом группировки особей в природных популяциях. Образование групп происходит по разным причинам: вследствие различий в местообитаниях, под влиянием суточных и сезонных изменений погодных условий, особенностей размножения, стремления к жизни в группе.

Можно привести множество примеров группового распределения. Огромными косяками передвигаются с места на место многие виды рыб. В большие стаи собираются птицы, готовящиеся к дальним перелетам. Колонии *бакланов* на островах возле побережья Перу достигают численности 10 тыс. особей при средней плотности три гнезда на 1 м². Такие же примеры можно привести и для растений: скопления кустарничков *брусники* и *черники* в сосновом лесу, земляничные поляны на лесных опушках, обширные пятна *кислицы* в еловом лесу и т. п.

* С одной стороны, жизнь в группе (семье, стаде, стае, колонии, гареме) может усиливать конкуренцию между особями за ресурсы и пространство. В то же время это компенсируется повышением жизнеспособности группы, имеющей большие возможности для защиты от хищников, поиска и добычания корма, преобразования местообитания. *Волки*, объединенные в стаю, нападают на крупных животных, тогда как в одиночку этого не делают.

У разных видов животных в различных условиях степень группировки особей не одинакова. В большинстве случаев существует ее оптимальный уровень, за пределами которого данные факторы могут оказывать отрицательное влияние. Например, при слишком низкой численности особей пчелиная семья испытывает недостаток в рабочих особях, не может поддерживать в улье нужную температуру. В случае слишком высокой численности в улье явно не хватает пространства, наблюдается повышенная агрессивность особей, которым приходится тратить энергию на вентиляцию жилища.*

Половая структура отражает численное соотношение особей разного пола в популяциях. *Первичное* соотношение полов определяется случайным сочетанием мужских и женских гамет в процессе оплодотворения и обычно бывает близко 1 : 1. В силу разной жизнеспособности мужских и женских особей первичное соотношение полов часто заметно отличается от *вторичного* (при рождении) и тем более от *третичного*, характерного для половозрелых особей. Оно также зависит от комплекса факторов внешней среды. Так, для популяций многих видов характерно неуклонное снижение доли самцов по мере увеличения возраста особей. Например, в популяциях человека вторичное соотношение полов составляет 100 девочек : 106 мальчикам; к 16—18 го-

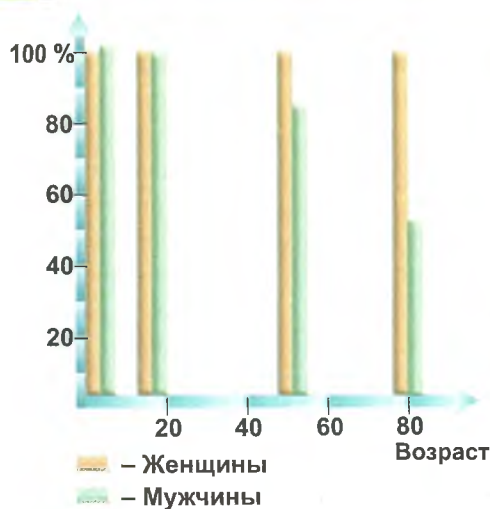


Рис. 58. Половозрастная структура популяции человека

дам это соотношение выравняется (100 : 100); к 50 годам — 100 женщин : 85 мужчинам, а к 80 годам соотношение становится равным 2 : 1 (100 женщин : 50 мужчинам) (рис. 58).

Изменение половой структуры популяции отражается на ее роли в экосистеме, так как самцы и самки многих видов отличаются друг от друга по характеру питания, ритму жизни, поведению и др. Так, самки некоторых видов *комаров*, *клещей* и *мошек* являются кровососущими, в то время как самцы питаются соком растений или нектаром. Преобладание доли самок над самцами обеспечивает более интенсивный рост популяции.

Возрастная структура отражает соотношение различных возрастных групп в популяциях. Оно опре-

деляет способность популяции к размножению и показывает перспективу ее дальнейшего развития.

Возрастной состав популяции наглядно отражают так называемые возрастные пирамиды, представляющие собой графическое изображение возрастного распределения особей (рис. 59). С возрастом изменяются биологические особенности и требования к условиям среды обитания организмов. На разных этапах развития растений и животных могут происходить смена среды обитания, характера передвижения, общей активности организмов, смена кормовых объектов и даже типа питания. Иногда возрастные различия в пределах вида выражены в значительно большей степени, чем различия между видами. Например, *лягушки* разных видов похожи друг на друга в большей степени, нежели лягушки и головастики одного вида.

Обычно в популяции присутствуют все возрастные группы, однако соотношение между ними меняется и зависит от числа потомков в помете, количества пометов за сезон, времени наступления половозрелости особей, продолжительности их репродуктивного периода, жизни и других факторов. Так, например, в популяциях мелких грызунов велика доля особей младших возрастных групп, в то время как для крупных видов (*киты*, *слоны*) она, наоборот, мала.

Как правило, наибольшей жизнеспособностью отличаются популя-

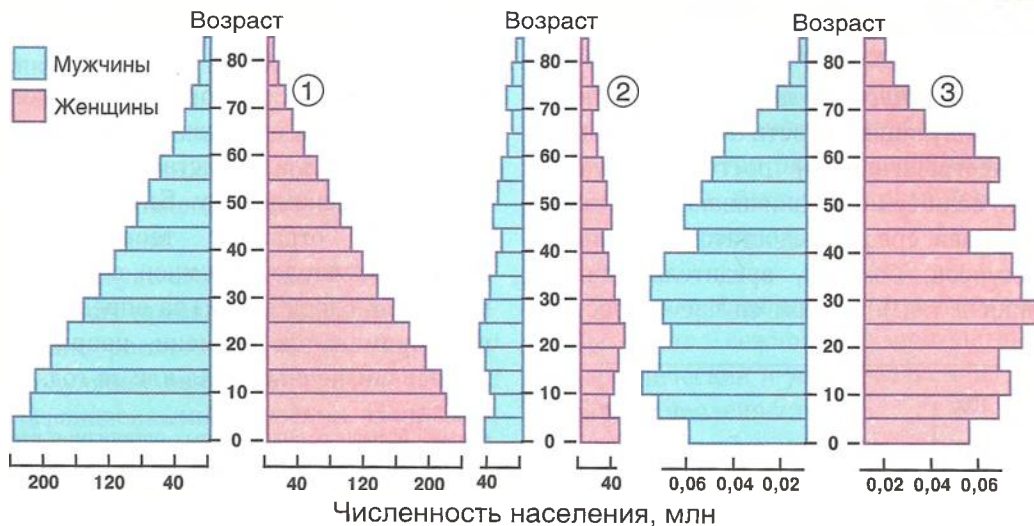


Рис. 59. Половозрастные пирамиды человеческой популяции: 1 — растущая популяция; 2 — стабильная популяция; 3 — стареющая популяция

ции, в которых в равных пропорциях представлены все возрастные группы организмов (*стабильная* популяция). Присутствие в таких популяциях большого количества особей младших возрастных групп свидетельствует о ее хороших перспективах (*растущая* популяция).

Если же в популяции преобладают старые особи, значит она завершает

свое существование. Такие популяции рассматриваются как *стареющие*.



В последние годы в популяциях людей увеличивается численность детей, подростков и пенсионеров, т. е. непродуцибельных слоев населения. Доля детей до 15 лет в большинстве развивающихся стран увеличилась до 50 %, пожилых людей старше 65 лет — до 13 %. Такое изменение соотношения возрастных групп приводит к увеличению нагрузки на трудоспособную часть населения.



1. Что такое структура популяций? С какой целью проводится ее изучение?
2. Приведите примеры взаимосвязи между динамикой численности и пространственной структурой популяции.
3. При каких условиях возникают равномерное и групповое распределение особей в популяциях растений и животных? Сделайте выводы.
4. Можно ли судить о состоянии популяции и перспективах ее дальнейшего развития, изучая ее половую и возрастную структуру?
5. Известно, что пополнение популяции человека в Беларуси за счет младшей возрастной группы до недавнего времени не наблюдалось. Какие, с вашей точки зрения, возможны пути решения этой проблемы?



25. Динамика численности популяций и ее регуляция

Биотический потенциал. Любая популяция теоретически способна к неограниченному росту численности, если ее не ограничивают факторы внешней среды (недостаток пищевых ресурсов, болезни, вредители, хищники и т. п.). В этом случае скорость

роста численности популяции будет зависеть только от величины биотического потенциала, свойственного каждому конкретному виду. **Биотический потенциал** отражает теоретически возможное число потомков от одной пары (или одной особи) за определенный промежуток времени, например за весь жизненный цикл или за год.



У разных видов живых организмов величина биотического потенциала резко различается. Так, самка *косули* способна произвести за жизнь 10—15 козлят, самка *медоносной пчелы* — отложить 50 тыс. яиц, самка *луны-рыбы* — выметать до 3 млрд икринок. Биотический потенциал этих видов на самом деле еще выше, так как часть икры, яиц и зародышей погибают еще до рождения.

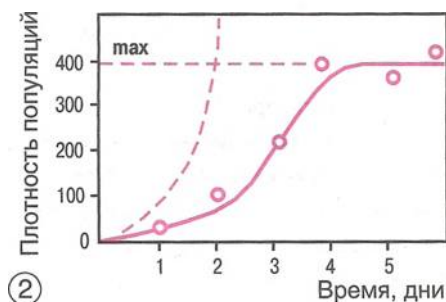
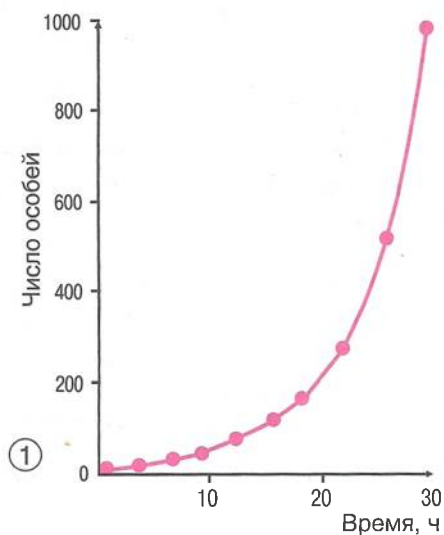


Рис. 60. Кривые роста популяции: 1 — экспоненциальная; 2 — логистическая

При отсутствии ограничивающих факторов численность популяции должна расти в геометрической прогрессии, то есть по экспоненте. Поэтому рост популяции с постоянной скоростью в благоприятных условиях среды называется **экспоненциальным** ростом (рис. 60). Кривая, отражающая на графике подобный рост популяции, резко увеличивает крутизну и уходит в бесконечность.

В природных условиях экспоненциальный рост популяций наблюдается крайне редко. Например, он был отмечен для популяций *кролика*, завезенного в Австралию, где для него имелись неограниченные пищевые и пространственные ресурсы при отсут-



ствии сдерживающего влияния хищников. Такой тип роста наблюдается также при вспышках численности *саранчи*, *непарного шелкопряда* и других насекомых. Однако периоды экспоненциального роста обычно кратковременны.

При увеличении плотности популяции, как правило, наблюдается замедление роста численности, поскольку популяция оказывается в условиях с ограниченными ресурсами. Например, растения начинают затенять друг друга или им недостает влаги. Животным при высокой плотности популяции может не хватать корма. По мере ухудшения условий скорость роста снижается, и при определенной плотности численность популяции перестает расти. Тип роста численности популяции при ограниченных ресурсах, характеризующийся снижением его скорости по мере увеличения плотности популяции, называется *логистическим* (см. рис. 60).

Возникающие изменения численности популяций во времени называются *динамикой численности*. Ее изучение важно для оценки роли популяций в природных экосистемах и прогноза перспектив их дальнейшего существования.

Диапазон колебаний численности популяций зависит от соотношения величин рождаемости и смертности, степени изменчивости условий среды, а также от биологических особенностей конкретного вида (возраста достиже-

ния половой зрелости особей, плодовитости, скорости смены поколений и др.). Самые большие диапазоны колебаний численности характерны для мелких, быстро размножающихся организмов — бактерий, протистов, насекомых, грызунов.

**Типы динамики численности.*

Выделяют сезонный, многолетний, периодический и устойчивый типы динамики численности.

Сезонный тип динамики численности характерен для видов с резко меняющейся в течение одного сезона плотностью. Он свойствен небольшим по размеру организмам, которые дают многочисленное и быстро созревающее потомство. Эти организмы способны в короткий срок резко увеличивать свою численность. К ним относятся представители планктона — *дафнии*, *циклопы*, *коловратки*, *фототрофные бактерии* и *протисты*, а среди наземных — многие виды *насекомых*, *грызунов* и однолетних травянистых растений. Например, *домашние мухи* появляются весной после зимовки в небольшом количестве, однако потомство одной пары при средней плодовитости самки около 100 яиц за 5—6 поколений может стать весьма многочисленным. В действительности этого не происходит из-за гибели по различным причинам значительной части отложенных яиц, личинок и куколок. И тем не менее



численность мух от поколения к поколению увеличивается.

Многолетний тип динамики численности охватывает период в несколько лет и характеризуется фазой минимума, или депрессии, фазой подъема, или нарастания, и фазой максимума, или массовой вспышки, после которой численность снижается и многолетний цикл повторяется вновь. У разных видов продолжительность полного цикла различна и охватывает период от 2 до 10 лет. Такой тип динамики численности имеют *саранча*, *колорадский жук*, обитатели тундры — *лемминги*. Знание циклов динамики численности видов-вредителей позволяет прогнозировать их массовое размножение и готовиться к борьбе с ними.

Устойчивый тип динамики численности известен у видов с более или менее постоянной численностью в течение длительного времени. Он свойствен, как правило, крупным животным с большой продолжительностью жизни, поздним наступлением половозрелости, дающим малочисленное с высокой выживаемостью потомство. Примером могут служить копытные млекопитающие, китообразные, крупные орлы, некоторые пресмыкающиеся.

Изменение численности сопровождается перестройкой возрастной структуры. Когда численность увеличивается, что происходит при наличии достаточного количества пищи и пространства, наблюдается возрас-

тание доли молодых особей за счет повышения рождаемости. Рост численности популяции в конечном счете приводит к уменьшению ресурсов, необходимых организмам. Спад численности сопровождается уменьшением доли особей младших возрастных групп и повышением смертности. Это продолжается вплоть до наступления следующего благоприятного периода, обуславливающего очередное увеличение численности.*

Причины динамики численности. Факторы, вызывающие изменение численности, разнообразны. Их подразделяют на две группы: независимые и зависимые от плотности популяции.

К *независимым* от плотности популяции относятся преимущественно факторы неживой природы (свет, тепло, влага и др.). Они действуют на популяцию при любой ее численности. Например, суровые зимы вызывают гибель зимующих особей. Такие факторы, как заморозки, сильный шторм или продолжительная засуха могут привести к резкому снижению численности самых разных популяций независимо от их исходной численности. Так, длительные снегопады и жесткий наст приводят к гибели птиц, кормящихся зимой на земле. Или, наоборот, благоприятные условия зимовки могут способствовать повышению численности особей как в малочисленных популяциях, так и в больших.

К *зависимым* от плотности популяции относятся факторы живой природы — пищевые ресурсы и естественные враги (хищники, паразиты, возбудители болезней). Их количество изменяется вместе с изменением численности популяции. Как только плотность популяции хищника увеличивается, численность популяции его жертвы начинает снижаться (рис. 61). Так же воздействуют на популяцию хозяина и паразиты. Как правило, чем выше плотность популяции, тем сильнее влияние этих факторов. Без них численность популяции могла бы неограниченно увеличиваться, что привело бы к полному уничтожению источников корма. Таким образом, особенность действия факторов, зависящих от плотности, заключается в сглаживании резких колебаний численности. Благодаря этому численность популяций взаимодействующих видов поддерживается на оптимальном уровне.

Одним из механизмов регулирования численности является **плодовитость**. Она снижается при уменьшении пищевой обеспеченности, которое наблюдается при увеличении численности популяции. Снижение плодовитости особей приводит к снижению рождаемости, а следовательно, к замедлению темпов роста популяции (рис. 62).

Важную роль в регуляции плотности популяции играют **поведенческие факторы**, в частности **территориаль-**

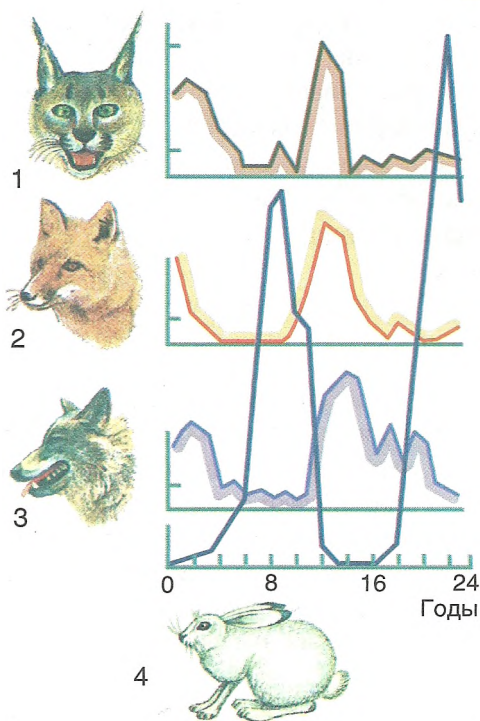


Рис. 61. Динамика численности популяций хищника и жертвы: 1 — рысь; 2 — лисица; 3 — волк; 4 — заяц

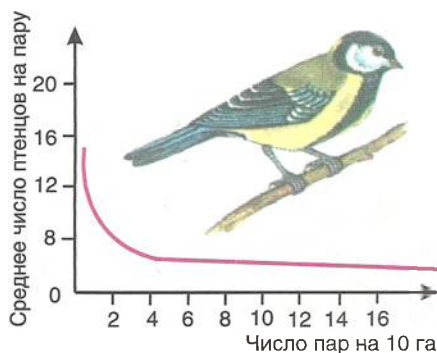


Рис. 62. Зависимость рождаемости от плотности популяции большой синицы



ность. Наличие у особей определенного вида своего индивидуального участка ограничивает рост численности популяции, так как особи, не имеющие собственного участка, не участвуют в размножении. Границы индивидуальных территорий обозначаются разными способами — мочой, секретом пахучих желез, царапинами на деревьях, пением самцов птиц и т. п.

Таким образом, популяции подвержены воздействию комплекса факторов неживой и живой природы, которые приводят в действие механизмы регуляции их численности. По этой причине в ненарушенных деятельности человека природных экосистемах редко происходит неукротимый рост численности, истощение ресурсов и гибель популяций.



1. Каковы причины непостоянства во времени численности природных популяций? **2.** Чем определяются различия диапазонов изменчивости численности популяций разных видов? **3*.** Какие биологические особенности определяют тот или иной тип динамики численности популяции? **4.** Какие механизмы лежат в основе саморегуляции численности популяции? **5*.** Какие факторы, зависящие от плотности, могли действовать на численность популяции первобытных людей и популяции людей в средние века? Действуют ли эти факторы в наше время?



Глава 4

ОРГАНИЗМ И СРЕДА

*Вальдшнепы любят тихий лес.
Вьюрки — кустарник горный.
А цапли с вышины небес
Стремятся в край озерный.
Дрозды в орешнике живут,
В тиши лесной полянки.
Густой боярышник — приют
Веселой коноплянки.*

Р. Бернс

- Почему организмы одних видов широко расселены на планете, а другие обитают только в строго определенных географических зонах?
- Как организмы приспосабливаются к жизни в местообитаниях с различной освещенностью, температурой и влажностью?
- Почему в наземно-воздушной среде обитает самое большое число видов живых организмов?





26. Среда жизни. Водная среда

Понятие о среде жизни (обитания). Среда обитания — это часть природы, непосредственно окружающая живые организмы и оказывающая прямое или косвенное влияние на все процессы их жизнедеятельности — рост, развитие, размножение, выживаемость и т. п. На нашей планете организмы освоили четыре среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и тело другого организма, используемое паразитами.

Водная среда, или гидросфера, — самая обширная среда жизни, занимающая до 71 % площади нашей планеты. Основное количество воды (97 %) сосредоточено в морях и океанах.

В водной среде обитает около 150 000 видов животных (примерно 7 % от общего их количества на планете) и более 10 000 видов растений. Обитателей водной среды называют **гидробионтами**. Наиболее богат и разнообразен растительный и животный мир морей и океанов экваториальных и тропических областей, где природой созданы наиболее благоприятные условия для жизни.

Для водной среды обитания характерны такие специфические свойства, как большая плотность, значительные перепады давления на разных глубинах, относительно малое содержание кислорода, низкая прозрачность. Водоемы и отдельные их участки разли-

чаются также величинами солености, скоростью горизонтальных, а иногда и вертикальных перемещений (течений), а также содержанием взвешенных частиц.

Одним из важнейших свойств воды является **плотность**, которая примерно в 1300 раз выше плотности воздуха. Этот фактор определяет условия передвижения водных организмов и перепады давления на разных глубинах. В среднем в водной толще на каждые 10 м глубины давление возрастает на 1 атм ($1 \cdot 10^2$ кПа). Глубоководные виды животных приспособлены к давлению до 1000 атм.



Плотность воды зависит от температуры. Ее величина в пресных водоемах максимальна при $+4^\circ\text{C}$ и равна 1 г/см^3 . При повышении или понижении температуры плотность воды уменьшается. В случае замерзания вода расширяется, увеличивая свой объем примерно на 11 %. Благодаря этому свойству лед располагается на поверхности водоема, в то время как более плотная вода ($t \geq 0^\circ\text{C}$) находится подо льдом и не промерзает. Самая плотная вода с температурой $+4^\circ\text{C}$ находится в придонной области, что дает возможности для выживания донным организмам в зимнее время.

Значительная плотность воды позволяет гидробионтам опираться на нее, удерживаться (парить) в определенных слоях водоема. В соответствии с этим гидробионты подразделяются на две важнейшие экологические группы — планктон и нектон.

Планктон (греч. *planktōs* — парящий, блуждающий) — это совокупность пассивно парящих в воде и переносимых течением растений (фитопланктон) и животных (зоопланктон) (рис. 63). Они не способны противостоять течению воды и самостоятельно передвигаться на значительные расстояния.

Фитопланктон имеет большое значение в жизни водоемов, поскольку является основным продуцентом органического вещества и кислорода. К фитопланктону относятся автотрофные протисты и прежде всего *зеленые* и *диатомовые водоросли*, фототрофные прокариоты — *цианобактерии*.

Зоопланктон и бактерии встречаются на всех глубинах. В зоопланктоне доминируют гетеротрофные протисты (*простейшие*), мелкие *ракообразные*, *медузы*, личинки водных беспозвоночных.

Планктонные организмы обладают многими сходными приспособлениями, которые повышают их плавучесть и препятствуют оседанию на дно. К таким приспособлениям относятся: увеличение поверхности тела за счет многочисленных выростов или щетинок, сплюснутость, удлинение, что повышает трение о воду. Наличие газовых вакуолей и камер, обильных жировых включений, а также утрата раковин позволяют планктонным организмам уменьшить удельную массу тела и увеличить плавучесть.

Нектон (греч. *nēktōs* — плавающий) — совокупность активно плавающих животных, способных противостоять течению и преодолевать значительные расстояния. Типичными нектонными организмами являются *рыбы*, *кальмары*, *китообразные*,

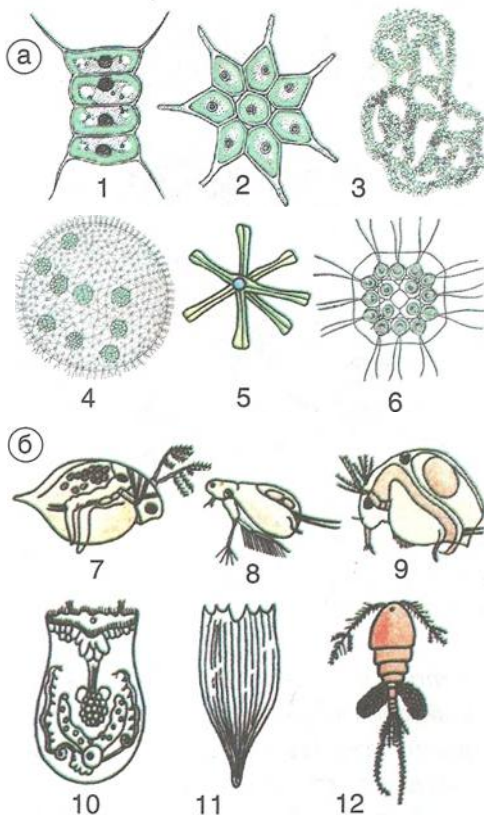


Рис. 63. Фитопланктон (а) и зоопланктон (б): 1 — сценедесмус; 2 — педиаструм; 3 — микроцистис; 4 — вольвокс; 5 — астерионелла; 6 — гониум; 7—9 — ветвистоусые рачки; 10, 11 — коловратки (первичнополостные черви); 12 — циклоп

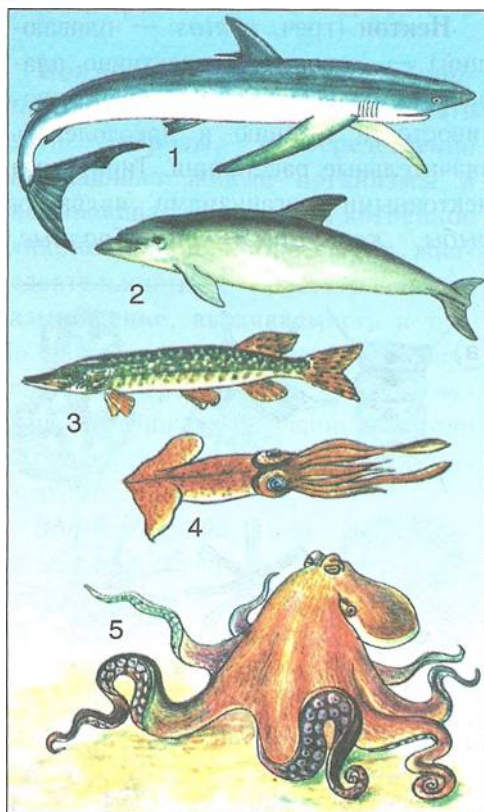


Рис. 64. Организмы нектона: 1 — акула; 2 — дельфин; 3 — щука; 4 — кальмар; 5 — осьминог

ластоногие и др. (рис. 64). Для них характерна обтекаемая форма тела и хорошо развитые органы движения, благодаря которым они могут передвигаться с большой скоростью. Например, некоторые кальмары развивают скорость 45—50 км/ч, а рыба-меч — до 100 км/ч.

Планктонные и нектонные организмы освоили толщу водоемов. Донную область заселили организмы **бен-**

тоса (греч. *benthos* — глубина), приспособившиеся к соответствующей структуре грунта. Многие из них имеют тяжелые известковые раковины (**моллюски**), мощную хитинизированную кутикулу (**речные раки, крабы, омары, langoustes**), органы прикрепления к грунту (присоски у **пиявок**, крючья у личинок **ручейников**, корни и ризоиды у растений).

Температурный режим в водоемах более устойчив, чем в других средах. Это связано с высокими удельной теплоемкостью и теплопроводностью воды, которые в 500 и 30 раз соответственно выше, чем у воздуха. Вода медленно нагревается и медленно остывает, поэтому амплитуда суточных и сезонных колебаний температуры в водоемах относительно низкая.



Амплитуда годовых колебаний температуры в верхних слоях океана составляет не более 10—15 °С, а в континентальных водоемах — 30—35 °С. Глубокие слои воды отличаются постоянством температуры. Так, на глубинах всех океанов она колеблется от -1,87 до +2 °С.

Световой режим водоемов отличается заметным ослаблением освещенности и изменением спектрального состава солнечного света с глубиной. Например, в самых чистых водах Саргассова моря прозрачность достигает глубины 66,5 м (величину прозрачности определяют путем погружения в воду белого диска диаметром около 30 см до предельной глубины его

видимости). В то же время в мутных проточных водах уже на глубине 50 см количество света уменьшается до 7 %, т. е. до такой же величины, как и под пологом елового леса.

Низкая прозрачность природных вод наложила серьезный отпечаток на внешнее строение гидробионтов. Так, для водных растений характерно большое развитие поверхности тела по отношению к массе. Это достигается за счет ветвления стебля и рассечения листовой пластинки на узкие, мелкие доли. Увеличение листовой поверхности позволяет полнее использовать свет и CO_2 . Доказательством того, что это действительно является приспособительным признаком, служит явление **разнолистности**. У некоторых растений (например, у *шелковника водного*) на одном побеге имеются листья разной формы — подводные листья сильно рассеченные, а надводные — цельные (рис. 65).

В условиях низкой прозрачности воды органы зрения животных часто оказываются малоэффективным источником информации. Более того, у некоторых глубоководных рыб происходит редукция глаз (рис. 66) и даже утрата зрения за ненадобностью.

Газовый режим водоемов существенно отличается от наземно-воздушной среды. Так, содержание углекислого газа в воде на единицу объема при одинаковой температуре почти в 700 раз больше, а кислорода в 30—35 раз меньше, чем в воздухе. Причем,

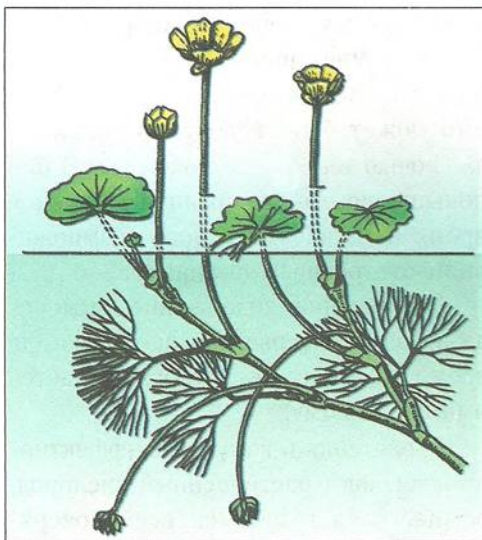


Рис. 65. Разнолистность, или гетерофиллия, у *шелковника водного*

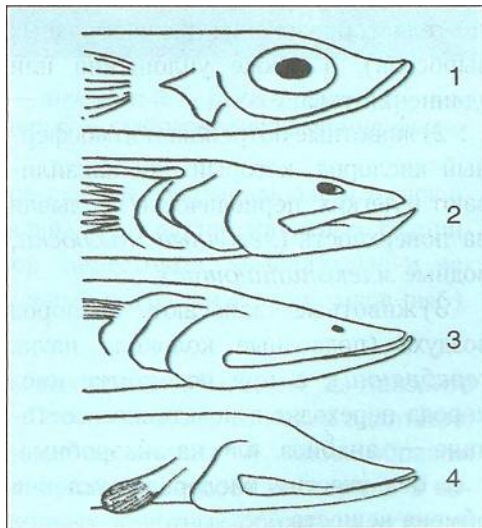


Рис. 66. Редукция глаз у глубоководных рыб одного семейства, обитающих на разных глубинах: 1 — 750 м; 2 — 850—1000 м; 3 — 3000 м; 4 — 5000 м



если в воздухе концентрация кислорода достаточно постоянна (21 %), то в воде его содержание сильно меняется. Это может быть недостаток кислорода (ночью или зимой подо льдом) или повышение его содержания в дневное время в случае массового размножения фототрофных организмов.

Пониженное содержание кислорода в воде — серьезная проблема для всех гидробионтов, которая решается ими по-разному:

1) растения и животные эффективно извлекают растворенный кислород, осуществляя газообмен всей поверхностью тела. Например, рыба *вьюн* через кожу потребляет до 63 % кислорода. У других видов дыхание облегчается за счет увеличения поверхности тела (образование разнообразных выростов), а также уплощения или удлинения тела;

2) животные потребляют атмосферный кислород, который они накапливают в легких, периодически всплывая на поверхность (*легочные моллюски*, водные *млекопитающие*);

3) животные запасают кислород воздуха (подводные колокола паука *серебрянки*), а при недостатке кислорода переходят в неактивное состояние — анабиоз, или на анаэробные, т. е. без участия кислорода, условия обмена веществ.

Некоторые животные обладают как воздушным, так и водным дыханием (*легочные моллюски*, *двоякодышащие рыбы* и др.).

Солевой режим гидросферы определяется содержанием в воде разнообразных минеральных веществ — карбонатов, сульфатов, хлоридов. В зависимости от количества растворенных солей выделяют *пресные* (до 0,5 г/л), *солоноватые* (0,5—16 г/л), *морские* (16—47 г/л) и *пересоленные* (47—350 г/л) воды. Для гидробионтов наибольшее значение имеют хлориды натрия, магния и серы, а также сульфат магния, растворенные в воде.

Специфические адаптации организмов в водной среде. Организмы в водной среде распределены во всей ее толще (животные обнаружены на глубинах около 10 000 м). Естественно, что на разных глубинах они испытывают различное давление воды.

Адаптацией к добыванию пищи, взвешенной в толще воды, является *фильтрационный* способ питания, свойственный только водным животным. К фильтраторам относятся двусторчатые моллюски (*беззубка*, *мидия*, *устрица* и др.), ракообразные (*дафния*), рыбы (*сельдь*, *белый и пестрый толстолобики*), китообразные (*беззубые киты*).



В темных глубинах океана в качестве источника зрительной информации организмы используют испускаемый ими самими свет. Свечение живого организма получило название **биолюминесценции** (рис. 67). Она характерна для многих видов водных животных, бактерий, грибов, протистов. Световые сигналы при биолюминесценции могут служить для ориентации в стае, привлечения особей другого пола, для маскировки и отвлечения.

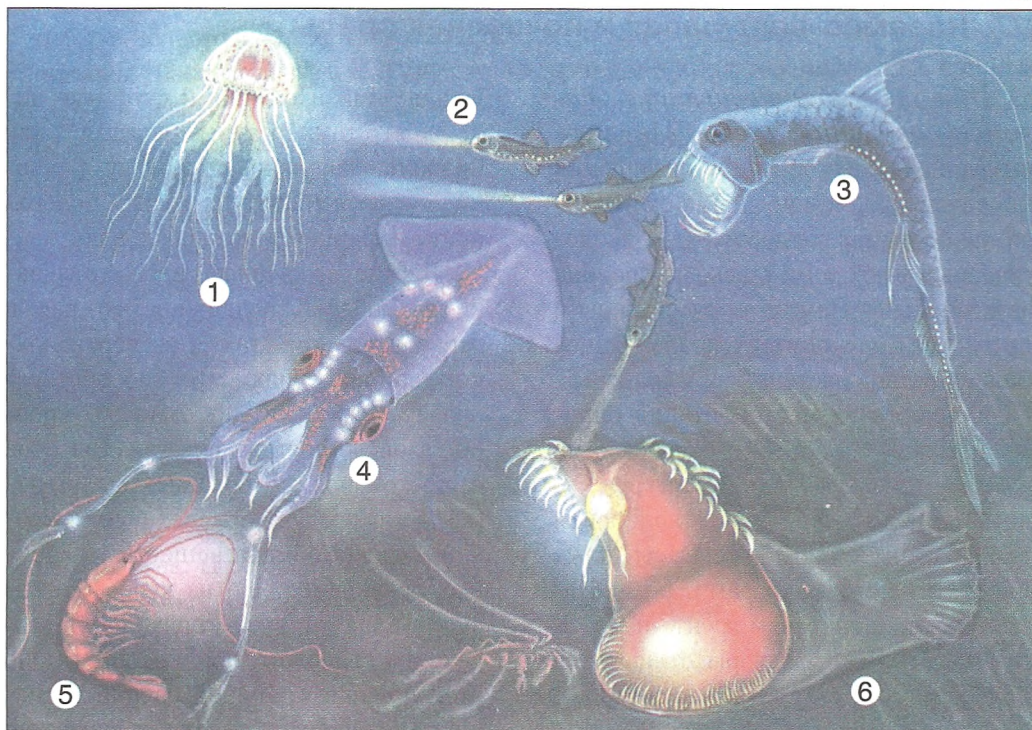


Рис. 67. Светящиеся животные: 1 — медуза; 2 — анчоусы; 3 — рыба-дракон; 4 — глубоководный кальмар; 5 — глубоководная креветка; 6 — глубоководная рыба-удильщик

Смена условий в водной среде отражается на поведении организмов. Так, с изменением температуры, освещенности, солености и других факто-

ров связаны вертикальные и горизонтальные миграции животных (например, нерестовые, зимовальные и нагульные миграции многих видов рыб).



1. Каковы основные особенности воды как среды обитания? **2.** Назовите лимитирующие факторы водной среды. Поясните ответ. **3.** Какие адаптации выработали для жизни в воде планктонные организмы? **4.** Каким образом гидробионты решают проблему ограниченности ресурсов кислорода в водоемах? **5.** Наибольшее число видов водных животных обитает в морях и океанах, меньшее — в пресной воде. Как вы думаете, какими причинами это обусловлено?



27. Наземно-воздушная и почвенная среды

Общая характеристика наземно-воздушной среды. Наземно-воздушная среда обитания организмов более сложна, чем водная, и отличается наибольшим разнообразием экологических факторов. Здесь, на границе двух оболочек Земли — атмосферы и литосферы, — обитает подавляющее большинство растений и животных. Особенности их местообитаний определяются физико-географическими и климатическими (световой режим, влажность воздуха и почвы, колебания температуры, движение воздушных масс — ветер) факторами, рельефом местности, характером грунта и т. д. К тому же все эти факторы отличаются большей или меньшей изменчивостью в течение суток и времени года.

Главной особенностью наземно-воздушной среды является то, что ее обитатели окружены воздухом. В отличие от воды он обладает низкой плотностью и, как следствие, малой подъемной силой, незначительной опорностью и низкой сопротивляемостью при движении организмов. Поэтому наземные организмы живут в условиях сравнительно низкого и постоянного атмосферного давления.

Воздух обладает низкой удельной теплоемкостью. Поэтому он быстро нагревается и столь же быстро охлаждается. Например, в пустыне Сахара дневной зной может смениться ночными заморозками. С другой стороны,

над морями и океанами суточные колебания температуры воздуха, как правило, невелики, поскольку в течение суток температура водной поверхности изменяется незначительно.

Легкие воздушные массы отличаются большой подвижностью как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Это способствует поддержанию на постоянном уровне газового состава воздуха. Высокое и постоянное содержание кислорода (21 %) в воздухе обеспечивает высокий уровень обмена веществ у наземных организмов. Но из курса географии вы знаете, что в горах воздух разрежен и содержит мало кислорода. По этой причине границей распространения позвоночных животных считается высота 4600 м над уровнем моря.

Косвенное влияние воздуха на организмы осуществляется ветром, который может изменять температурный режим и влажность той или иной местности, оказывать механическое действие на растения. Нередко сильные ветры, дующие в одном направлении, изгибают стволы и ветви деревьев в подветренную сторону. Примером может служить «флаговая» форма кроны хвойных деревьев (рис. 68).

Наземно-воздушная среда имеет разные режимы влажности: от почти 100-процентного и постоянного насыщения воздуха водяными парами во влажных тропических лесах до прак-

тически полного их отсутствия в воздухе пустынь. Влажность воздуха изменяется также в течение суток и сезонов года. Влага на суше является ограничивающим фактором, поэтому влаголюбивые животные (например, *слизни*) вынуждены переходить к ночному образу жизни, использовать кратковременные периоды повышенной влажности.

Различные сочетания температуры, влажности, облачности, осадков, силы и направления ветра у земной поверхности создают разные погодные условия, которые оказывают комплексное воздействие на живые организмы и их сообщества. В различных географических районах складываются особые, характерные только для них погодные условия, формирующие климат местности.

Для большинства наземных организмов, особенно мелких, важен не столько климат района, сколько условия их непосредственного местообитания. Очень часто местные элементы среды (растительность, рельеф и др.) так изменяют температуру, освещенность, влажность, движение воздуха на конкретном участке, что он значительно отличается от типичных климатических условий всей местности. Например, температура воздуха на обращенной к югу стороне дерева может быть на 10—15 °С выше, чем на северной. Резко отличаются вышеуказанные климатические факторы в лесу и на открытых пространствах, а зимой на открытых участках почвы

и под снегом, под слоем опавших листьев, в норах, дуплах и т. п. Такие локальные особенности климата в конкретном местообитании называются **микроклиматом**. Наличие в одной местности участков с различным микроклиматом обеспечивает совместное существование многочисленных видов растений и животных, обладающих неодинаковыми требованиями к внешней среде.

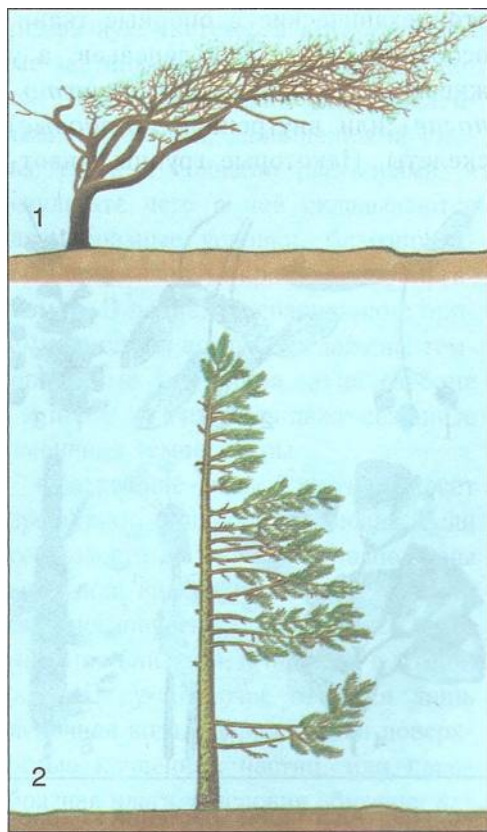


Рис. 68. Флаговая форма хвойных деревьев: 1 — сосны; 2 — ели



Адаптации организмов к обитанию в наземно-воздушной среде. У обитателей наземно-воздушной среды в ходе эволюции выработались специфические морфологические, физиологические, поведенческие и другие виды приспособительных реакций.

В условиях низкой плотности и малой подъемной силы воздуха обитатели суши должны обладать хорошо развитой опорной системой, поддерживающей тело. У растений — это механические и опорные ткани, особенно развитые у деревьев, а у животных — наружный (*членистоногие*) или внутренний (*хордовые*) скелеты. Некоторые группы живот-

ных (*круглые и кольчатые черви*) имеют гидроскелет. Отсутствие выталкивающей силы и наличие гравитации налагает ограничения на максимальные размеры и массу тела у позвоночных животных. Самые крупные животные суши (*слон* — до 5 т) уступают по размерам и массе гигантам водной среды (*синий кит* — до 150 т).

Низкая сопротивляемость воздуха способствовала прогрессивной эволюции опорно-двигательных систем наземных животных. Так, способностью к полету обладают около 75 % видов наземных животных — это, преимущественно, насекомые и птицы, а также некоторые млекопитающие (*летучие мыши*), рептилии и амфибии (виртуозно планирующие *древесные дракончики* и некоторые *квакши*).

Большая подвижность воздуха использовалась некоторыми наземными организмами (либо отдельными стадиями их развития) для расселения с помощью воздушных потоков (цисты протистов, молодь пауков, некоторые насекомые, споры, семена и плоды растений). По аналогии с водными планктонными организмами, в качестве приспособлений к пассивному парению в воздушных потоках, насекомые выработали сходные адаптации — небольшие размеры тела, разнообразные выросты, увеличивающие относительную поверхность тела или некоторых его частей. Плоды и семена растений (рис. 69), распространяемые

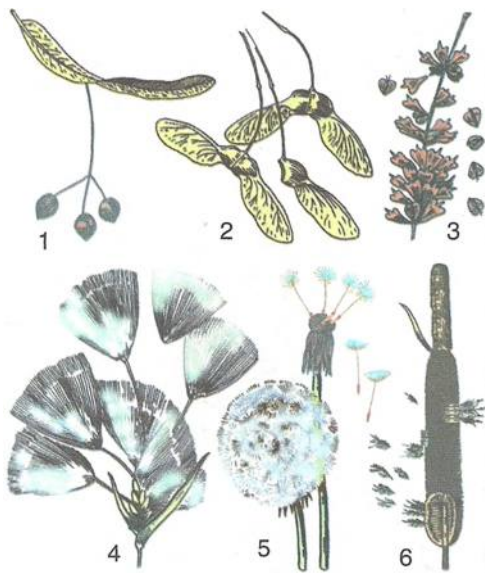


Рис. 69. Адаптации растений к расселению ветром: 1 — липа; 2 — клен; 3 — береза; 4 — пушица; 5 — одуванчик; 6 — рогоз



ветром, также имеют мелкие размеры, различные выросты — крылатки, летучки, многочисленные волоски, увеличивающие их способность к планированию.

Разнообразны приспособления наземных организмов к сохранению влаги. Например, у насекомых тело надежно защищено от потери влаги многослойной хитинизированной кутикулой, в наружном слое которой содержатся жиры и воскоподобные вещества. Сходные водосберегающие адаптации развиты и у пресмыкающихся (роговой покров). У растений это осуществляется за счет уменьшения испаряющей поверхности листьев, способности к регуляции испарения влаги через устьица, наличия толстой кутикулы и многослойного толстостенного эпидермиса.

Выработанная у наземных животных способность к внутреннему оплодотворению сделала их независимыми от наличия водной среды.

Такое преимущество наземной среды, как высокое содержание кислорода в атмосферном воздухе, было использовано животными для повышения интенсивности обмена веществ. Именно для наземных животных (птиц и млекопитающих) характерна **теплокровность**, которая обеспечила им возможность повышения интенсивности жизнедеятельности. Независимость обмена веществ от колебаний температуры внешней среды расширила их возможности к расселению.

Почвенная среда обитания.

Почва — это рыхлый поверхностный слой земной коры, непосредственно контактирующий с атмосферой. Она образовалась в результате выветривания горных пород, деятельности живых организмов, разложения органических остатков и перемешивания полученных веществ.

В противоположность твердым горным породам почва представляет собой не однофазную, а сложную трехфазную систему, в которой твердые частицы окружены воздухом и водой. Почва пронизана многочисленными полостями, заполненными смесью газов и водными растворами, в результате чего в ней складываются разнообразные условия, благоприятные для жизни микро- и макроорганизмов. В почве, по сравнению с приземным слоем воздуха, сглажены температурные колебания, а на глубине 1 м почти не ощутимы даже сезонные изменения температуры.

Содержание воды в почве может варьировать в широких пределах. Если все полости и скважины заполнены свободной капельной водой, условия обитания почвенных организмов оказываются близкими к таковым в водной среде. В сухой почве остается лишь пленочная вода, удерживаемая поверхностностью почвенных частиц, или паровобразная влага, а условия обитания напоминают наземно-воздушную среду.

Самый верхний горизонт почвы содержит органические остатки и про-



дукты их разложения, образующие **перегной** (или гумус), от которого зависит состав и структура почвы, а также продуктивность растений. Расположенный под ним средний слой содержит вымытые атмосферными осадками из верхнего горизонта минеральные вещества. Нижний слой представлен материнской породой.

Состав почвенного воздуха резко меняется с глубиной: концентрация кислорода снижается, а углекислого газа возрастает. При затоплении почвы или интенсивном гниении органических остатков возникают бескислородные зоны.

Таким образом, почва, по сути дела, является переходной средой обитания, объединяющей особенности водной и наземно-воздушной сред жизни. С

наземно-воздушной почвенную среду сближают резкие колебания температуры на границе сред, ограниченное содержание воды в поверхностном слое и др. С водной почвенную среду обитания объединяют более стабильный температурный режим и ограниченное содержание кислорода.

Адаптации организмов к жизни в почве. Почвенная среда богата разнообразными условиями для жизни различных групп живых существ (рис. 70). Так, мелкие почвенные животные (*простейшие, коловратки, нематоды* и др.) населяют поры и полости, заполненные водой, и фактически остаются водными животными. Однако почвенные формы намного мельче пресноводных (иногда в 10 раз) и отличаются способностью долго находиться в состоянии **цисты**, пережидая неблагоприятные для активной жизни периоды.

Для более крупных животных с воздушным дыханием (*клещей, насекомых, многоножек* и др.) почва — это система мелких пещер. Они ползают по стенкам почвенных полостей при помощи конечностей с коготками или червеобразно изгибаясь. Насыщенный водяными парами почвенный воздух позволяет им дышать через покровы тела. Основным средством спасения от колебаний влажности воздуха для них является передвижение вглубь. Периоды затопления почвы водой многие мелкие членистоногие переживают в пузырьках воздуха, который задерживается вокруг тела жи-

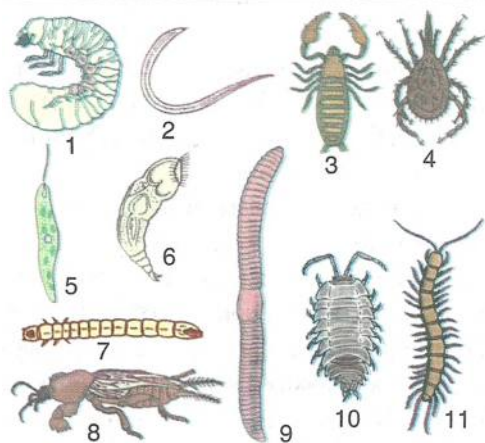


Рис. 70. Обитатели почвы: 1 — личинка хруща майского; 2 — круглый червь; 3 — лжескорпион; 4 — гамазовый клещ; 5 — жгутиконосец; 6 — коловратка; 7 — личинка щелкуна; 8 — медведка; 9 — дождевой червь; 10 — мокрица; 11 — многоножка

вотных благодаря их несмачивающимся покровам и слизи.

Более крупные почвенные животные, такие как личинки *майского жука*, *дождевые черви*, при передвижении используют сильное сопротивление со стороны почвы, поэтому у них выработались приспособления для раздвигания почвенных частиц путем изгибания тела, использования челюстей, кожно-мускульного мешка или гидроскелета (*круглые черви*).

Некоторые средние по размерам (*медведки*) и крупные почвенные животные (*кроты*, *слепыши*) выработали эффективный способ передвижения в почве — рытье. Внешний облик этих животных отражает их приспособленность к роющему подземному образу жизни (рис. 71). Например, у крота ма-



Рис. 71. Крот

ленькие глаза, иногда скрытые под кожей. Тело компактное с короткой шеей, короткий густой мех, сильные копательные конечности с крепкими когтями.

Таким образом, каждая из четырех сред жизни имеет свои особенности, к которым приспособлены обитающие в них живые организмы.



1. Докажите, что с экологической точки зрения наземно-воздушная среда более разнообразна и менее стабильна, чем водная. **2.** По каким основным направлениям идет формирование приспособлений у наземных растений и животных? **3.** При продвижении в почве личинок насекомых, дождевых червей за ними остается открытый ход, что грозит увеличением испарения и преследованием хищников. Каковы приспособления животных к экологически более выгодному способу передвижения в почве? **4.** Какие сходные приспособления к жизни на суше возникли у животных и растений, а также у позвоночных и членистоногих животных? **5.** Какие сходные приспособления имеются у водных и почвенных организмов?

28. Живые организмы как среда жизни

Особенности экологических условий внутренней среды хозяина. Использование одними живыми организмами других в качестве сре-

ды обитания — широко распространенное в природе явление. Даже примитивные одноклеточные организмы (*бактерии*, *цианобактерии*, про-



тисты) имеют сожителей, чаще всего специализированных паразитов. Практически нет ни одного вида многоклеточных организмов, не имеющих внутренних обитателей. При этом, чем выше уровень организации хозяев и чем больше степень дифференциации их тканей и органов, тем более разнообразные условия они могут предоставить своим сожителям. Разнообразие условий служит предпосылкой разнообразия видов экто- и эндопаразитов. В природе в качестве паразитов чаще всего встречаются микроорганизмы (*вирусы, бактерии, грибы*) и относительно примитивные одноклеточные эукариоты. По мере усложнения организации растений и животных их способность к паразитизму уменьшается. Симбиоз (паразитизм и мутуализм) наиболее характерен для цветковых растений и позвоночных животных, клетки и ткани которых являются средой обитания многих тысяч видов симбионтов.

Паразиты обитают в особых экологических условиях внутренней среды хозяина, где они **постоянно обеспечены пищей** за счет содержимого клеток, соков и тканей хозяина или содержимого его кишечника. Обильная и легкодоступная пища служит основным условием быстрого роста и развития паразитов. В кишечном тракте крупных позвоночных животных паразиты могут достигать огромных размеров по сравнению с их свободноживущими сородичами.



Например, *лентец широкий* и *цепень бычий* — гиганты среди плоских червей, достигающие в длину 8—10 м, тогда как их самые крупные свободноживущие тропические родственники не превышают 60 см. Размеры большинства свободноживущих инфузорий составляют 50—100 мкм, а инфузории, обитающие в желудке крупного рогатого скота, *лосей, оленей*, достигают 200—500 мкм и даже 2—3 мм.

Практически неограниченные пищевые ресурсы служат для паразитов надежным условием высокой интенсивности размножения.

Исключительно важным экологическим преимуществом для обитателей живых организмов является их **защищенность от воздействия неблагоприятных факторов внешней среды**. В организме хозяина его сожителям практически не грозят резкие колебания температуры, значительные изменения солевого режима, недостаток влаги, опасность уничтожения хищниками и т. п.

Наряду с благоприятными условиями внутренние сожители живых организмов сталкиваются и с некоторыми трудностями. Это **ограниченность жизненного пространства** для внутриклеточных и тканевых обитателей, **сложности снабжения кислородом, трудность распространения** от одной особи хозяина к другой, а также **защитная реакция организма хозяина** против того или иного паразита.

Среда обитания паразитов ограничена не только в пространстве, но и во времени (жизнью хозяина).

Хозяин выступает для своих обитателей как многообразная среда, отличающаяся содержанием в разных тканях и органах различных органических веществ, ферментов, кислорода, а также их функциональной активностью. Его сожители приспособились к жизни в определенных органах и тканях (например, только в желудке, печени или легких у животных, только на подземных органах, листьях или плодах у растений). Часто они приурочены к определенному возрастному или физиологическому состоянию хозяина.



В ходе эволюции между паразитами и их хозяевами выработались особые взаимоотношения, при которых агрессивная изощренность паразитов постоянно наталкивалась на оборонительную изобретательность хозяев. Это заставляло хозяев постоянно искать новые стратегии самообороны, в противном случае им грозила бы гибель. Такое состязание за выживание всегда имело и имеет глубокий биологический смысл, поскольку в

противостоянии паразитам у животных и растений возникали все новые приспособительные реакции, что приводило к возникновению новых видов.

Способность живых организмов противостоять воздействию со стороны паразита получило название **активного иммунитета**. Например, в крови хозяина вырабатываются специфические белковые вещества — **антитела**, подавляющие действие паразитов. В ряде случаев организм хозяина отвечает на вторжение паразита разрастанием окружающих его тканей. При этом у растений образуются своеобразные капсулы, или **галлы**, изолирующие паразита (рис. 72). Иногда такая изоляция приводит к гибели паразита.

Адаптации к жизни в другом организме — к паразитизму. У паразитов выработались многочисленные приспособления к паразитированию в виде морфологических, анатомиче-

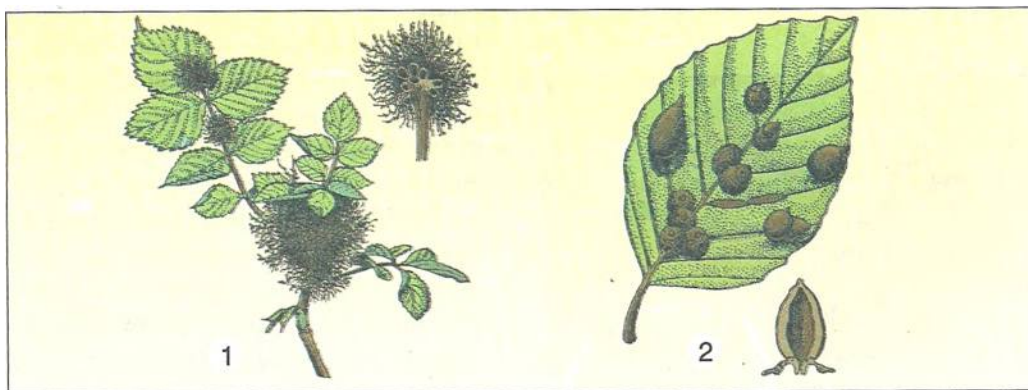


Рис. 72. Галлы на листьях: 1 — шиповника; 2 — бука



ских и физиологических особенностей строения и функционирования внутри организмов растений и животных. К наиболее важным приспособлениям относятся следующие.

1. Наличие **органов прикрепления** (присосок, зацепок, крючьев, коготков и т. п.), обеспечивающих связь паразита с организмом хозяина. Они позволяют прикрепляться и удерживаться на теле или в органах хозяина.

2. Наличие у паразитов **защитных покровов** (кутикулы и др.), препятствующих их перевариванию пищеварительными ферментами хозяина.

3. Недостаток или почти полное отсутствие кислорода в тканях и желудочно-кишечном тракте организма хозяина приводит к переходу паразитов на **бескислородный тип обмена веществ**. Необходимая для жизнедеятельности паразитов энергия высвобождается за счет брожения. Невысокая эффективность энергетического обмена этого типа компенсируется практически неиссякаемыми запасами

углеводов, поставщиком которых является пища хозяина, и отсутствием трат энергии на движение (поиск пищи, укрытий и т. д.).

4. Благоприятные условия внутренней среды хозяина приводят к **упрощению организации и процессов жизнедеятельности** паразитов (в том числе к упрощению нервной системы и утрате некоторых органов чувств). Упрощается кишечник (*круглые черви*) либо полностью редуцируется пищеварительная система, и растворенные питательные вещества всасываются всей поверхностью тела (*ленточные черви*).

У многих паразитов редуцируются конечности, органы дыхания, движения, утрачиваются крылья (например, у *вшей* и *блох*).

У растений-паразитов отсутствуют (или сильно редуцированы) корни, потеряна способность к фотосинтезу, сокращен набор ферментов. Более того, у тропического цветкового растения *раффлезии* (рис. 73) сохранился лишь гигантский цветок (до 1 м в диаметре), а все остальные органы превратились в нити, напоминающие гифы гриба, погруженные в ткани растения-хозяина.

5. Паразитам свойственна **чрезвычайно высокая плодовитость**. Такое явление получило название «закона большого числа яиц». Например, *человеческая аскарида* образует и выделяет в среднем 250 тыс. яиц в сутки, а за всю жизнь — свыше 35 млн.



Рис. 73. *Раффлезия*



Подавляющее большинство яиц паразитов гибнет от неблагоприятных условий среды, поэтому только огромная плодовитость увеличивает шансы паразита на выживание и завершение жизненного цикла.

Приспособления к умножению потомства у ряда паразитов проявляются в виде особой формы полового размножения — **партеногенеза** (развитие организма из неоплодотворенной яйцеклетки — *дафнии, тли, пчелы*) и бесполого размножения (почкование, фрагментация и др.). Это приводит к чередованию поколений — полового и бесполого.

6. Смена хозяев в жизненном цикле паразита: в теле основного хозяина живут взрослые особи, размножающиеся половым способом; в промежуточном хозяине развивается личинка и может происходить бесполое размножение. Это приспособление препятствует чрезмерному накоплению паразитов в организме хозяина и его гибели (что приводит к гибели

и самих паразитов), а также способствует их расселению.

7. При наличии в жизненном цикле паразитов стадий развития с выходом во внешнюю среду у них развивается ряд защитных приспособлений — толстые и многослойные оболочки яиц (*гельминты*), цисты (*кишечные амебы*), что позволяет паразитам переносить неблагоприятные условия жизни вне хозяина.

8. Изменение форм размножения, т. е. возникновение **гермафродитизма** (*плоские черви*), обеспечивающего размножение даже при наличии единственной особи.

Таким образом, приобретение значительного количества специфических адаптаций делает паразитов зависимыми от узкого круга хозяев и лишает хозяев возможности оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям среды обитания. Это обстоятельство определяет высокий уровень колебаний во времени численности многих паразитов.



1. Каковы экологические особенности среды жизни паразита? **2.** Среда обитания паразитов ограничена во времени (жизнью хозяина). Как решается эта проблема в природе? **3.** Как живые организмы могут противостоять воздействию со стороны паразитов? **4.** Каковы адаптации к жизни в другом организме — к паразитизму?

29. Экологические факторы

Впервые на связь живых организмов с факторами окружающей среды обратил внимание немецкий ученый-

биолог Э. Геккель. В 1866 г. им был предложен термин «**экология**» — наука об отношениях живых организмов



и их сообществ между собой и с окружающей средой. А отдельные свойства или части среды, воздействующие на организмы и вызывающие у них приспособительные реакции (адаптации), были названы **экологическими факторами**. Они могут быть необходимы или, наоборот, вредны для живых существ, способствовать или препятствовать их выживанию и размножению.

Экологические факторы среды разнообразны. По происхождению и особенностям воздействия на живые организмы они подразделяются на три группы.

Абиотические факторы представляют собой прямые или косвенные воздействия различных элементов неживой среды. К ним относятся свет, температура, радиоактивное излучение, давление, влажность воздуха и почвы, солевой и газовый состав воды, воздуха, механический состав почвы, ее физические и химические свойства, ветер, течения, рельеф местности и многие другие.

Биотические факторы включают все формы воздействия живых организмов друг на друга. Каждый организм постоянно испытывает на себе прямые или косвенные влияния других существ, вступая в связь с представителями различных видов растений, животных, грибов, бактерий, зависит от них и сам оказывает на них определенное воздействие. Так, например, растения являются источником пищи для многих животных, выделяют в процес-

се фотосинтеза кислород, необходимый для дыхания большинства живых организмов разных царств, формируют для них среду обитания. Животные поедают, опыляют и распространяют семена и плоды растений, многие из них являются хищниками, паразитами, комменсалами. Велика роль бактерий и грибов в почвообразовательных процессах. Живые организмы вступают между собой в разнообразные формы отношений, с главнейшими из которых вы уже познакомились при изучении параграфов 15—17.

Антропогенные факторы — это все формы деятельности человеческого общества, изменяющие природу как среду обитания живых организмов или непосредственно влияющие на их жизнь. Воздействие человека как биологического вида можно было бы отнести к биотическим факторам. Однако по специфическим формам воздействия (сознательное изменение среды и живых организмов) и по масштабам последствий влияние человека заслуживает выделения в особую группу.

Взаимодействие человеческого общества и природы стало одной из важнейших проблем современности, поскольку положение, которое складывается в отношениях человека с природой, часто становится критическим: истощаются запасы пресной воды, ухудшается состояние почв, водного и воздушного бассейнов, происходит опустынивание огромных территорий. Антропогенные изменения затронули



практически все экосистемы планеты, газовый состав атмосферы, энергетический баланс Земли. В ходе промышленной и сельскохозяйственной деятельности человека в среду поступают тысячи видов химических соединений, со многими из которых природа ранее не сталкивалась. Это воздействие можно приравнять к появлению новых мощных абиотических факторов. В настоящее время судьба растительного покрова Земли и всех ныне существующих видов организмов практически находится в руках человеческого общества, зависит от его влияния на биосферу.

Большинство экологических факторов — температура, влажность, наличие пищи, хищников, паразитов, конкурентов и т. д. — отличаются значительной изменчивостью во времени и пространстве. Степень изменчивости каждого фактора зависит от особенностей среды обитания. Например, температура сильно варьирует на поверхности суши, но довольно постоянна в нижних горизонтах почвы, на дне океана или в глубине пещер. Паразиты млекопитающих живут в условиях избытка пищи, тогда как для большинства хищников ее запасы меняются в соответствии с изменением численности жертв. Изменение факторов среды наблюдается в течение года и суток, в зависимости от приливов и отливов в океане, при бурях, ливнях, похолодании или потеплении климата, зарастании водоемов, осушении, орошении и т. д.

Один и тот же фактор среды имеет разное значение в жизни совместно обитающих организмов. Например, солевой режим почв играет первостепенную роль в минеральном питании растений, но безразличен для большинства видов наземных животных. Интенсивность освещения и спектральный состав света исключительно важны в жизни фототрофных бактерий, протистов и растений, а в жизни гетеротрофных организмов (грибов и водных животных) значения не имеют.

Экологические факторы действуют на организмы по-разному. Они могут выступать как **раздражители**, вызывающие приспособительные реакции организмов (солнечный свет и растения); как **ограничители**, обуславливающие невозможность существования организмов в данных условиях (например, пальм в Арктике); как **модификаторы**, определяющие морфологические и анатомические изменения организмов (например, овощная рассада на южном окне более крепкая, приземистая, чем на северном).

Механизм действия различных экологических факторов на организм имеет свои особенности. Так, абиотические факторы (свет, тепло, вода, воздух) действуют на растения и животных через обмен веществ. Например, снижение или увеличение температуры среды приводит к изменению интенсивности обмена веществ практически у всех живых организмов. При этом действие абиотических факторов



одностороннее, т. е. организм может к ним адаптироваться, но, как правило, не в состоянии оказывать на них существенное обратное влияние.

Действие биотических факторов принципиально другое, поскольку организмы влияют друг на друга. Например, хищник отличается рядом приспособлений, позволяющих ему быстро и эффективно ловить жертву. Но и жертва обладает многочисленными приспособлениями, которые помогают

ей избежать поимки. В данном случае происходит совместная эволюция (ко-эволюция) организмов разных видов, обитающих в определенных условиях среды.

Таким образом, все живые организмы подвергаются разнообразным по природе, интенсивности и периодичности воздействиям факторов среды. Они живут только в тех средах, к которым сумели приспособиться в процессе эволюции.



1. На какие группы подразделяются экологические факторы? В чем выражается воздействие каждой из этих групп? **2.** Чем объясняется выделение антропогенных факторов в отдельную группу? **3.** Приведите примеры антропогенных факторов, которые по воздействию близки к естественным биотическим факторам. **4.** Какова отличительная особенность действия биотических факторов? **5.** Приведите примеры адаптаций у растений и животных. Приспособлениями к каким факторам они являются?

30. Закономерности действия факторов среды на организм

Реакция организмов на влияние абиотических факторов.

Воздействие факторов среды на живой организм весьма многообразно. Одни факторы оказывают сильное влияние, другие действуют слабее; одни влияют на все стороны жизни, другие — на определенный жизненный процесс. Тем не менее, в характере их воздействия на организм и в ответных реакциях живых существ можно выявить ряд общих закономерностей, которые укладываются в некоторую общую схему действия

факторов среды на жизнедеятельность организма.

На рисунке 74 по оси абсцисс отложена интенсивность (или «доза») фактора (например, температура, освещенность, кислотность, влажность почвы, концентрация солей в почвенном растворе и т. д.), а по оси ординат — реакция организма на воздействие экологического фактора в его количественном выражении (например, скорость роста, интенсивность фотосинтеза или дыхания, продуктивность и т. д.), т. е. **степень благоприятности фактора**. При



действию практически любого фактора на организм (например, температуры на скорость роста растений) получается куполообразная кривая: по мере увеличения температуры до некоторой величины скорость роста растений возрастает, достигая максимального значения, а затем снижается (рис. 75).

Диапазон действия экологического фактора ограничен двумя *пороговыми* точками, соответствующими его минимальной и максимальной величинам, за пределами которых организмы гибнут. Эти точки называются нижним и верхним **пределами выносливости (толерантности)** живых организмов по отношению к конкретному фактору среды.

Точка на оси абсцисс, соответствующая наилучшим показателям жизнедеятельности организма, называется *оптимальной* или **оптимумом**. Для большинства организмов определить оптимальное значение фактора с достаточной точностью бывает трудно, поэтому принято говорить о **зоне оптимума**. Справа и слева от нее находится область температур, при которых растения растут достаточно хорошо. Поэтому она называется **зоной нормальной жизнедеятельности**. Крайние участки кривой, выражающие состояние угнетения организма при недостатке (слева) или избытке (справа) фактора, называют **зонами (областями) пессимума или стресса**.

Подобная закономерность реакции организмов на воздействие эко-

логических факторов позволяет рассматривать ее как фундаментальный биологический принцип: для **каждого вида растений и животных существует оптимум, зона нормальной жизнедеятельности, пессимум и пределы выносливости по отношению к каждому фактору среды**.



Рис. 74. Действие факторов среды на жизнедеятельность организмов: 1, 3 — зоны угнетения (пессимума); 2 — зона нормальной жизнедеятельности



Рис. 75. Зависимость скорости роста растения от температуры



Разные виды живых организмов заметно отличаются друг от друга как по положению оптимума, так и по пределам выносливости. Например, *песцы* в тундре могут переносить колебания температуры воздуха в диапазоне около 80°C (от $+30$ до -55°C). Напротив, некоторые рачки из тропических морей выдерживают изменения температуры воды в интервале не более 6°C (от $+23$ до $+29^{\circ}\text{C}$). Одни луговые травы предпочитают почву с узким диапазоном кислотности (например, *вереск обыкновенный*, *щавель малый* — они служат индикаторами кислых почв), другие хорошо растут при широком диапазоне кислотности (например, *сосна обыкновенная*). В связи с этим организмы, для существования которых необходимы строго определенные, относительно постоянные условия среды, называются *стенобионтными* (греч. *stenós* — узкий, *biōn* — живущий), а те, которые живут в широком диапазоне изменчивости условий среды, — *эврибионтными* (греч. *eurýs* — широкий, *biōn*) (рис. 76).

Организмы одного и того же вида могут иметь узкую амплитуду по отношению к одному фактору и широкую — к другому (например, приспособленность некоторых видов растений к широкому диапазону освещенности и узкому диапазону кислотности почвы). Кроме того, одна и та же доза фактора может быть оптимальной для одного вида растений или животных, пессимальной для другого и выходить за пределы выносливости для третьего.

Способность организмов приспосабливаться к определенному диапазону изменчивости факторов среды называется **экологической пластичностью**. Эта особенность является одним из важнейших свойств всего живого: регулируя свою жизнедеятельность в соответствии с изменениями условий среды, организмы приобретают возможность выживать и оставлять потомство. Значит, эврибионтные организмы являются экологически более пластичными, выносливыми, что способствует их широкому распространению. Стенобионт-



Рис. 76. Экологическая пластичность видов

ные организмы, напротив, отличаются слабой экологической пластичностью и, как следствие, обычно имеют ограниченные области распространения.

Взаимодействие экологических факторов. Лимитирующий фактор. Экологические факторы воздействуют на живой организм совместно и одновременно. При этом действие одного фактора зависит от того, с какой силой и в каком сочетании действуют в это же время другие факторы. Эта закономерность получила название **взаимодействия факторов**. Например, жара или мороз легче переносятся людьми при сухом, а не при влажном воздухе. Скорость испарения воды листьями растений — транспирация — значительно выше при высокой температуре воздуха и ветре, чем в безветренную прохладную погоду.

В некоторых случаях недостаток одного фактора частично компенсируется усилением другого. Например, одна и та же интенсивность фотосинтеза может быть достигнута увеличением освещенности (при низкой концентрации CO_2) или — при слабой освещенности — повышением концентрации CO_2 .

Вместе с тем ни один из необходимых организму экологических факторов не может быть полностью заменен другим. Например, отсутствие света делает жизнь растений невозможной, несмотря на самые благоприятные сочетания других условий. Поэтому, если значение хотя бы одного из жизненно необходимых факторов среды прибли-

жается к пороговой величине или выходит за ее пределы (ниже минимума или выше максимума), то, несмотря на оптимальное сочетание остальных условий, организму грозит гибель. Такие факторы называются *лимитирующими* или *ограничивающими*.

*Понятие о лимитирующих факторах было введено в 1840 г. немецким агрохимиком и физиологом Ю. Либихом. Он изучал влияние химических элементов почвы на рост и развитие растений. На основании полученных данных ученый сформулировал принцип: «Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется величина и устойчивость последнего во времени». Этот принцип известен под названием **правила минимума Либиха**. В качестве иллюстрации этого правила часто изображают бочку, у которой образующие боковую поверхность доски имеют разную высоту (рис. 77). Длина самой

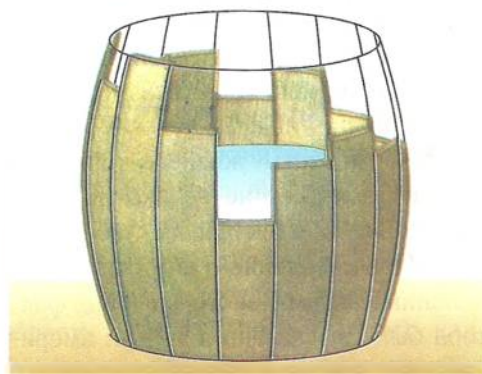


Рис. 77. «Бочка» Либиха



короткой доски определяет уровень, до которого можно наполнить бочку водой. Можно сказать, что длина этой доски — лимитирующий фактор для количества воды, которую можно налить в бочку. Длина других досок уже не имеет значения.

Поясним правило минимума примером. Пусть в почве содержатся все элементы минерального питания, необходимые для данного вида растения, кроме одного из них, например калия. Рост растений на такой почве будет сильно угнетен или вообще невозможен. Если же внести в почву нужное количество калия, то это приведет к интенсивному росту растений и увеличению урожая. Но если мы будем вносить любые другие вещества в оптимальных количествах, а калий будет отсутствовать в почве, то это не даст никакого эффекта.

В современном представлении правило минимума гласит: приближаясь к своему минимальному значению, необходимому для поддержания жизнедеятельности организма, экологический фактор становится лимитирующим, т. е. ограничивает возможности выживания организма.

Лимитировать жизнедеятельность организма может не только недостаток, но и избыток какого-либо фактора. Представление о лимитирующем влиянии максимального значения фактора было высказано в 1914 г. американским зоологом В. Шелфордом, который сформулировал закон то-

лерантности (лат. *tolerantia* — терпение). Согласно этому закону, **существование организма (вида) определяется как недостатком, так и избытком любого фактора, имеющего уровень, близкий к пороговому.**

Из закона толерантности следует несколько выводов, имеющих важное значение для объяснения причин распространения и выживания организмов:

1) организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий в отношении другого;

2) организмы с широким диапазоном толерантности в отношении всех экологических факторов обычно наиболее распространены;

3) если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для вида, то диапазон толерантности может сузиться и в отношении других экологических факторов;

4) многие факторы среды становятся лимитирующими в критические периоды жизни организма, особенно в период размножения. Пределы толерантности для развивающихся особей, яиц, семян, эмбрионов, проростков и личинок обычно уже, чем для взрослых растений и животных. *

Природа лимитирующих факторов может быть различной. Например, угнетение роста травянистых растений под густым пологом буковых лесов. Там при оптимальном тепловом ре-



жиме, повышенном содержании углекислого газа в воздухе и минеральных веществ в почве развитие трав ограничивается недостатком света.

Лимитирующие факторы среды определяют также географические ареалы вида. Так, продвижение вида на север может ограничиваться недостатком тепла, а в районы пустынь и степей — недостатком влаги или слишком высокими температурами воздуха.

Факторами, ограничивающими распространение организмов, могут быть и биотические отношения. На-

пример, занятость территории более сильным конкурентом или недостатком насекомых-опылителей для цветковых растений, что часто наблюдается под густым пологом еловых лесов.

Выявление лимитирующих факторов и устранение их действия, то есть оптимизация среды обитания живых организмов, представляет собой важнейшую практическую задачу повышения урожайности культурных растений и продуктивности домашних животных.



1. Каков общий характер действия на организм экологических факторов?
2. Что такое экологическая пластичность организма (вида)? В чем ее биологическое значение?
3. Приведите примеры видов растений и животных, которые по отношению к одному из факторов являются эврибионтными, а по отношению к другому — стенобионтными?
4. В чем выражается взаимодействие экологических факторов? Приведите примеры.
- 5*. Что такое лимитирующий фактор? Каково его действие на организм?
- 6*. Существует ли для каждого вида один лимитирующий фактор или их может быть несколько? Ответ обоснуйте.
- 7*. Какие выводы можно сделать из закона толерантности Шелфорда?

31. Свет и его воздействие на организм

Свет в жизни организмов. Живая природа не может существовать без света, так как солнечная радиация является основным источником энергии для поддержания теплового баланса нашей планеты и синтеза фототрофными организмами органических веществ. В итоге обеспечивается формирование среды, способной удовлетворить жизненные потребности всех существ.

Биологическое действие солнечного света зависит от продолжительности его воздействия, интенсивности, суточной и сезонной периодичности, а также от спектрального состава. В экологическом отношении наибольшую значимость представляет видимая область спектра (390—710 нм), или *фотосинтетически активная радиация* (ФАР). Она поглощается пиг-



ментами хлоропластов и тем самым имеет решающее значение в жизни растений. Видимый свет нужен зеленым растениям для образования хлорофилла, формирования хлоропластов и внутренней структуры листа. Он регулирует работу устьиц, влияет на газообмен и транспирацию, на деление и растяжение клеток, ростовые процессы, определяет сроки цветения и плодоношения.

Свет для животных — необходимое условие зрительной ориентации в пространстве.

Экологические группы растений по отношению к свету. Световой режим любого местообитания зависит от географической широты, высоты над уровнем моря, состояния атмосферы, растительности, сезона и времени суток. Поэтому разнообразие световых условий на планете чрезвычайно велико: от таких сильно освещенных территорий, как высокогорья, пустыни, степи, до сумеречного освещения в водных глубинах и пещерах. В разных местообитаниях различаются не только интенсивность света, но и его спектральный состав, продолжительность освещения, пространственное и временное распределение света разной интенсивности и т. д.

По отношению к световому режиму растения подразделяют на три экологические группы:

1) *светолюбивые*, или *световые*, — растения открытых, хорошо освещаемых местообитаний (*сосна*,

вяз, *лиственница*, *подорожник*, *мать-и-мачеха*, *молодило*, *очиток едкий*), прибрежные и водные растения с плавающими листьями (*кувшинка белая*, *кубышка желтая*), большинство культурных растений открытого грунта, сорняки и др.;

2) *теневые* — растения затененных местообитаний: растения нижних ярусов тенистых лесов (*папоротники*, *кислица обыкновенная*, *майник двулистный*), водных глубин, расщелин скал, пещер и т. д. Теневыми являются многие комнатные растения. Все они плохо переносят сильное освещение, проявляя при этом явные признаки угнетения;

3) *теневыносливые* — растения, предпочитающие достаточно хорошую освещенность, но легко адаптирующиеся к слабой. К ним относится большинство видов зоны смешанных лесов — *ель*, *граб*, *бук*, *лещина*, *бузина*, *брусника*, *ландыш майский* и др.

Адаптации растений к световому режиму. Под влиянием различных условий освещения у растений выработались соответствующие приспособления (адаптации). Прежде всего, они касаются величины листовых пластинок: у световых растений они обычно мельче, чем у теневых. У светолюбивых листья обычно ориентированы так, чтобы избежать избыточного освещения и перегрева. Листовые пластинки расположены вертикально или под большим углом к горизонтальной плоскости, так что

днем листья получают лишь скользкие лучи. Листья теневых растений, напротив, располагаются горизонтально по отношению к свету. Для них характерно образование **листовой мозаики** (рис. 78, 1), т. е. мелкие листья располагаются между крупными и не затеняют друг друга.

У многих светлюбивых растений поверхность листовой пластинки блестящая, покрытая светлым восковым налетом или густо опушена. Все это способствует отражению солнечных лучей или ослаблению их действия.

У теневых растений листовая пластинка тонкая, широкая, что способствует лучшему проникновению света в глубь листа.

Световые и теневые растения имеют четкие различия по анатомическому строению и физиологическим особенностям. Так, у световых растений листья менее сложные по форме с характерной дифференцировкой основной ткани на столбчатую (1) и губчатую (2) (рис. 79). Количество хлоропластов, приходящихся на единицу площади листовой пластинки, у них в несколько раз больше, чем у теневых. Сами хлоропласты более мелкие и светлые (с низким содержанием хлорофилла). Они способны к перемещениям в клетке: при ярком освещении хлоропласты располагаются вдоль клеточной стенки и становятся «ребром» по направлению к солнечным лучам, что защищает хлорофилл от разрушения (рис. 80).

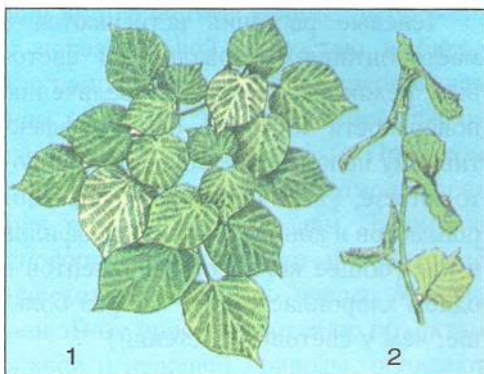


Рис. 78. Листорасположение у липы в разных условиях освещения: 1 — под пологом леса (листовая мозаика); 2 — на открытом месте

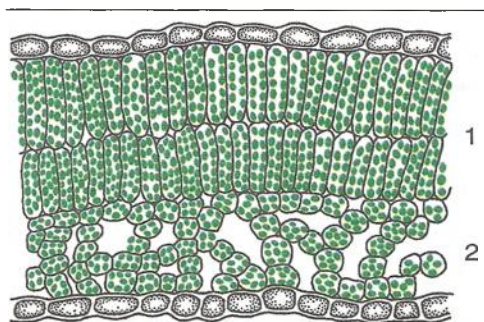


Рис. 79. Анатомическое строение светового листа вяза низкого

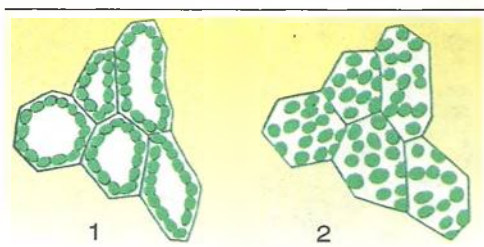


Рис. 80. Изменение положения хлоропластов в клетках листа ряски при разной освещенности: 1 — сильный прямой свет; 2 — слабый рассеянный свет



Теневые растения встречаются в местообитаниях с различным световым режимом благодаря увеличению поверхности листьев, более эффективному использованию света при фотосинтезе, увеличению размеров хлоропластов и концентрации хлорофилла в них (общее количество пигментов в одном хлоропласте в 5—10 раз больше, чем у световых растений).

*Особенно четко изменение состава и концентрации пигментов наблюдается у водных растений разных глубин в связи с изменением спектрального состава света. С нарастанием глубины свет теряет оранжево-красную часть спектра, а до больших глубин доходят в основном зеленые, голубые и синие лучи. В соответствии с этим у обитающих на мелководье растений преобладают зеленые пигменты (хлорофиллы *a* и *b*), у глубоко обита-

ющих водорослей к ним добавляются бурые пигменты (фукоксантин и др.), а у красных водорослей, встречающихся на глубине 100 м и более, есть, кроме того, красный пигмент фикоэритрин. Это явление получило название **хроматической адаптации**.*

Для растений характерны также и *сезонные* адаптации к свету. В течение вегетационного периода освещенность в лесу далеко не одинакова: непродолжительный светлый весенний период до распускания почек на деревьях сменяется глубоким и длительным летним затенением, и только осенью после листопада вновь становится светло. Весенний период используется светолюбивыми эфемероидами (многолетними травянистыми растениями с коротким периодом вегетации и длительным покоем). Они прорастают и начинают цвести сразу же после таяния снега в лесу, а ко времени полного развития листвы на деревьях и сильного затенения заканчивают вегетацию и теряют надземные органы. Период вынужденного летнего покоя эфемероиды переживают в виде подземных органов — луковиц, клубней, корневищ (*тюльпан, перелеска, хохлатка, ветреница* — рис. 81).

Отношение растений к свету изменяется также с возрастом. Как правило, всходы и молодые растения более теневыносливы по сравнению со взрослыми. Например, молодые деревья под пологом леса выносят силь-



Рис. 81. *Ветреница лесная* — растение-эфемероид



ное затенение и довольствуются гораздо более низкой освещенностью, чем взрослые деревья того же вида. Повышенная теневыносливость луговых видов трав и древесных пород в начале их жизненного цикла способствует возобновлению каждого вида в условиях сомкнутого растительного покрова.

Роль света в жизни животных. Для животных солнечный свет не является таким необходимым фактором, как для растений, поскольку они существуют за счет энергии, накопленной растениями. Тем не менее, в жизни животных свет играет важную роль, прежде всего, как средство ориентации. Начиная с кишечнорастворимых, практически у всех животных имеются светочувствительные органы — глаза. Они позволяют ориентироваться в пространстве путем **фототаксиса**: *положительного* (передвижение в сторону наибольшей освещенности) и *отрицательного* (перемещение в затененные места).

Животные ориентируются с помощью зрения во время дальних мигра-

ций и перелетов. Птицы, например, с поразительной точностью выбирают направление полета, преодолевая иногда многие тысячи километров от гнездовья до мест зимовки. При этом они ориентируются при помощи зрения по солнцу и звездам. Такой же способностью обладают и некоторые насекомые, например пчелы. Многие животные ориентируются по объектам живой и неживой природы, обладают цветовосприятием.

Сезонная изменчивость светового режима оказывает влияние и на географическое распространение животных. Так, некоторые виды птиц и млекопитающих поселяются на полярном севере, а осенью, когда день сокращается, мигрируют на юг. Летом в тундре скапливается огромное количество животных, которые при обилии света успевают даже в таких суровых климатических условиях закончить размножение. В то же время в тундру почти не проникают ночные хищники — за короткую летнюю ночь они не могут прокормить ни себя, ни потомство.



1. От чего зависит биологическое действие солнечного света на растения и растительные сообщества? Ответ обоснуйте.
2. Каковы адаптивные особенности разных экологических групп растений по отношению к свету?
3. Какие особенности теневыносливых растений позволяют им произрастать в местообитаниях с различным световым режимом?
- 4*. Чем отличаются листья части кроны липы (или дуба), обращенной к лесу, от листьев внешней стороны дерева, обращенных к поляне? Каковы причины и биологический смысл этих отличий?



32. Тепло как экологический фактор

Температурные пределы жизни. Температура — один из важнейших абиотических факторов. Она действует везде и постоянно. Температура определяет возможность существования, скорость развития большинства живых существ, а также распространение организмов на нашей планете.

Любой организм способен жить в определенном диапазоне температур. Однако некоторые виды обладают специализированными ферментами и приспособлены к активному существованию при температурах, выходящих за указанные пределы.

Виды, приуроченные к жизни в области высоких значений температур, относятся к экологической группе **термофилов**. Термофильность характерна для многих бактерий, вызывающих самонагревание влажного зерна, цианобактерии *осциллятории*, населяющей термальные источники Камчатки с температурой воды +85—93 °С. Для большинства термофильных животных температурный предел обычно не превышает +55—85 °С (*раковинные амебы, клещи, личинки двукрылых насекомых*).

Многие виды живых существ сохраняют активность в условиях низких температур (от 0 до -8 °С). Такие организмы относятся к экологической группе **криофилов** (греч. *κρύος* — холод, лед, мороз, *phileo* — люблю). Кριοфилия характерна для

бактерий, грибов, лишайников, членистоногих, обитающих в тундре, арктических и антарктических пустынях, холодных полярных водах и т. п.

Пойкилотермные и гомойотермные организмы. У подавляющего большинства видов живых существ температура тела напрямую зависит от температуры окружающей среды, а их активность — от тепла, поступающего извне. Такие организмы не способны к активной терморегуляции и называются **пойкилотермными (эктотермными)**. Это микроорганизмы, растения, беспозвоночные и большая часть позвоночных.

Только у птиц и млекопитающих тепло, вырабатываемое в процессе интенсивного обмена веществ, служит достаточно надежным источником для поддержания температуры тела на постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды. Этому способствует хорошая тепловая изоляция, создаваемая шерстью, оперением, толстым слоем подкожной жировой ткани и др. Такие организмы называются **гомойотермными (эндотермными, или теплокровными)**. Свойство эндотермности позволяет многим видам животных (например, *пингвинам, ластоногим, белым медведям* и др.) вести активный образ жизни и размножаться при низких температурах.



Частный случай гомойотермии — **гетеротермия** — свойственна животным, впадающим в неблагоприятный период года в спячку (*суслики, ежи, летучие мыши, бурые медведи* и др.). В активном состоянии они обладают постоянной высокой температурой тела, а в период зимней спячки она значительно понижается.

Температурные адаптации растений. Для большинства наземных растений оптимальной является температура $+25—30^{\circ}\text{C}$. При этом значение имеет не только абсолютное количество тепла, но и распределение его во времени, т. е. **тепловой режим**. Он сравнительно постоянен в течение всего года лишь в тропических зонах. К северу и югу сезонные и суточные колебания температур возрастают по мере удаления от экватора.

Основные пути адаптации к температурным изменениям среды у растений — это разнообразные биохимические, физиологические и некоторые морфологические перестройки.

К *физиолого-биохимическим* приспособлениям растений, сглаживающим вредное влияние высоких температур, могут быть отнесены: усиленная транспирация, переход в состояние **глубокого покоя**, или **анабиоза**. У некоторых растений вся вегетация сдвигается на сезон с более благоприятными тепловыми условиями. Как уже отмечалось, в пустынях и степях есть немало видов растений (см. с. 85), начинающих вегетацию

ранней весной и успевающих ее закончить до наступления летней жары. Они переживают жаркий период в состоянии летнего покоя в виде созревших к этому времени семян или подземных органов (луковиц, клубней или корневищ).

Примером *физиологической* адаптации растений к низким температурам, препятствующей замерзанию воды в клетках, их обезвоживанию и механическому повреждению, служит повышение концентрации растворимых углеводов (сахаров) в клеточном соке, что понижает точку замерзания воды.

Морфологические адаптации, предотвращающие перегрев, направлены на ослабление потока падающего на растение солнечного света. Это блестящая поверхность, повышающая отражение света, или густое опушение листьев, придающее им светлую окраску, вертикальное расположение листьев, свертывание листовых пластинок у злаков, а также уменьшение листовой поверхности (*колючки*) и др. Эти же особенности строения листьев снижают потерю растениями воды.

К наступлению холодного времени года растения готовятся заранее: у них опадают листья, а у травянистых форм — отмирают надземные органы, происходит образование утолщенной пробки в стебле и т. д.

Среди морфологических адаптаций растений к жизни в холодных широтах важное значение имеют небольшие размеры (карликовость) и

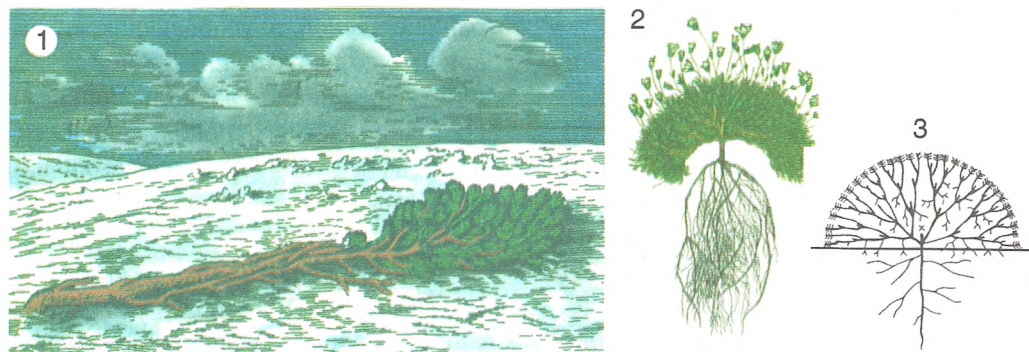


Рис. 82. Формы растений полярных и высокогорных областей: 1 — кедровый стланик; 2 — качим — растение-подушка (3 — схема ветвления)

особые формы роста. Высота карликовых растений (*береза, ива* и др.) обычно соответствует глубине снежного покрова, под которым зимуют растения. Иначе все части, выступающие над снегом, погибнут от мороза. Подобная защита характерна и для стелющихся форм — **стлаников** (*кедра, можжевельника, рябины* и др.) и **подушковидных форм** (*качима*), образующихся в результате усиленного ветвления и крайне замедленного роста побегов (рис. 82).

Температурные адаптации животных. У животных выделяют три основных пути температурных адаптаций:

1) **химическая** терморегуляция — усиленное образование тепла в ответ на понижение температуры среды;

2) **поведенческая** терморегуляция — избегание неблагоприятных температур путем перемещения в пространстве и др.;

3) **физическая** терморегуляция — изменение уровня теплоотдачи, способность удерживать тепло или, наоборот, рассеивать его избыток.

Пойкилотермные животные, в отличие от гомойотермных, характеризуются более низким уровнем обмена веществ даже при одинаковой температуре тела. Например, *пустынная игуана* при температуре $+37^{\circ}\text{C}$ потребляет кислорода в 7 раз меньше, чем грызуны такой же массы. По этой причине в теле пойкилотермных животных вырабатывается мало тепла, и, как следствие, возможность химической и физической терморегуляции ничтожны. Основным способом терморегуляции у них являются особенности поведения — перемена позы, активный поиск благоприятных условий за счет смены мест обитания, самостоятельное создание нужного микроклимата (сооружение гнезд, рытье нор и т. п.). Например, в сильную жару животные прячутся в тень, скрываются в норах.



Особый интерес представляет групповое поведение животных в целях терморегуляции. Например, в Антарктиде пингвины в сильный мороз и снежные бураны сбиваются в тесную группу, напоминающую по форме «черепаху». При этом особи, оказавшиеся на периферии такого скопления, через некоторое время пробиваются внутрь, и «черепаха» медленно кружится и перемещается. Внутри скопления даже в самые сильные морозы поддерживается температура около $+37^{\circ}\text{C}$.

Обитатели пустынь верблюды в сильную жару также сбиваются вместе для защиты молодняка от перегрева, так как в центре скопления животных температура удерживается на уровне $+39^{\circ}\text{C}$ (температура тела), тогда как шерсть на спине и боках крайних особей нагревается до $+70^{\circ}\text{C}$.

Некоторые пойкилотермные животные способны поддерживать оптимальную температуру тела за счет работы мышц. У многих летающих насекомых при интенсивной мышечной работе она становится на $15\text{—}20^{\circ}\text{C}$ выше температуры воздуха. Так, у летающих *шмелей* в горах Кавказа на высоте 2300 м над уровнем моря при температуре воздуха $+4\text{—}8^{\circ}\text{C}$ она достигает $+38\text{—}40^{\circ}\text{C}$.

Гомойотермные животные благодаря высокой интенсивности обмена веществ и выработке значительного количества тепла отличаются высокой способностью к химической терморегуляции, что особенно важно при действии холода. Увеличение теплопродукции может достигаться также путем повышения потребления пищи, окисления бурого жира, который служит исключительно источником тепла.

Физическая терморегуляция осуществляется путем сохранения тепла

в теле животного. Так, снижение теплоотдачи происходит благодаря сужению кровеносных сосудов кожи, наличию жирового слоя в подкожной клетчатке, хорошо развитому перьевому или шерстному покровам. Увеличение теплоотдачи происходит путем потоотделения, испарения влаги при дыхании (тепловой одышки), расширения капилляров кожи, уменьшения густоты шерстного или перьевого покровов.

*Важное значение для поддержания температурного баланса имеет соотношение поверхности тела и его объема, так как количество вырабатываемого тепла зависит от массы животного, а теплообмен идет через его покровы. По мере возрастания массы тела его удельная поверхность уменьшается. Замечено, что виды теплокровных животных, обитающих в холодных климатических зонах, имеют большие размеры тела, по сравнению с их сородичами из более теплых местообитаний (правило Бергмана). Бергман подчеркивал, что эта закономерность проявляется лишь в том случае, если близкие виды не различаются другими приспособлениями к терморегуляции.

У млекопитающих северного полушария наблюдается тенденция к уменьшению относительных размеров выступающих частей тела (ушных раковин, клювов, хвостов и конечностей), большая поверхность которых выгодна толь-



Рис. 83. Пример правила Аллена

ко в условиях жаркого климата южных широт (правило Аллена). Так, большие уши с сетью кровеносных сосудов служат американскому *пустынному зайцу* терморегуляторами (рис. 83).*

Таким образом, сочетание эффективных способов химической, физической и поведенческой терморегуляции позволяет животным поддерживать свой тепловой баланс на фоне широких колебаний температуры.



1. Каковы адаптации растений и животных к жизни в условиях жаркого сухого климата? холодных мест обитания? **2.** Какие механизмы терморегуляции характерны для пойкилотермных и гомеотермных животных? **3.** Объясните результаты опыта англичанина Ч. Блэкдена, который провел 45 мин в сухой камере при температуре +126 °С без вреда для здоровья, в то время как кусок мяса, взятый им с собой в камеру, сварился. **4*.** Согласно правилу Бергмана виды теплокровных животных северных широт имеют большие размеры тела, чем их южные сородичи. Однако есть примеры, противоположные этому правилу: самый крупный подвид белой куропатки обитает на юге в лесостепи, а самый мелкий — в тундре. Чем, с вашей точки зрения, можно объяснить подобное явление?

33. Влажность как экологический фактор

Роль воды в жизни организмов.

Вода является необходимым условием существования всех живых организмов на Земле. Значение воды определяется тем, что она является основной средой клетки, где осуществляются все биохимические процессы, лежащие в основе ее жизнедеятельности. Вода для растений и животных служит универсальным растворителем: в растворенном виде транспортируются питательные вещества, гормоны, выводятся из орга-

низма вредные продукты обмена и т. п. Благодаря уникальным свойствам воды обеспечивается поддержание теплового баланса организма при значительных перепадах температуры в окружающей среде. Влажность оказывает влияние на распространение растений и животных как в пределах ограниченной территории, так и в широком географическом масштабе, определяя их зональность (смену лесов степями, степей — полупустынями и пустынями).

Особая роль воды в жизни наземных организмов (особенно растений) заключается в необходимости постоянного пополнения ее потерь из-за испарения. Поэтому эволюция наземных растений и животных шла в направлении приспособления к активному добыванию и сохранению влаги. Наконец, для многих видов организмов вода — непосредственная среда обитания.

Увлажненность местообитания и, как следствие, водообеспечение наземных организмов зависит, прежде всего, от количества атмосферных осадков, их распределения по временам года, наличия водоемов, уровня грунтовых вод и т. п.

Обеспеченность влагой различных географических районов земного шара далеко не одинакова. Так, в сухих областях (пустынях, степях) растения и животные испытывают не-

достаток влаги в течение большей части вегетационного сезона. Напротив, во влажных районах тропиков, тундре недостатка во влаге нет.

Экологические группы растений по отношению к влаге. По приуроченности к местообитаниям с различными условиями увлажнения и по наличию соответствующих приспособлений различаются три основные экологические группы наземных растений: гигрофиты, мезофиты, ксерофиты. Условия водоснабжения существенно влияют на их внешний облик и внутреннюю организацию.

Гигрофиты — растения избыточно увлажненных местообитаний с высокой влажностью воздуха и почвы (рис. 84). Для них характерно отсутствие приспособлений, ограничивающих расход воды, и неспособность переносить даже незначительную ее потерю.

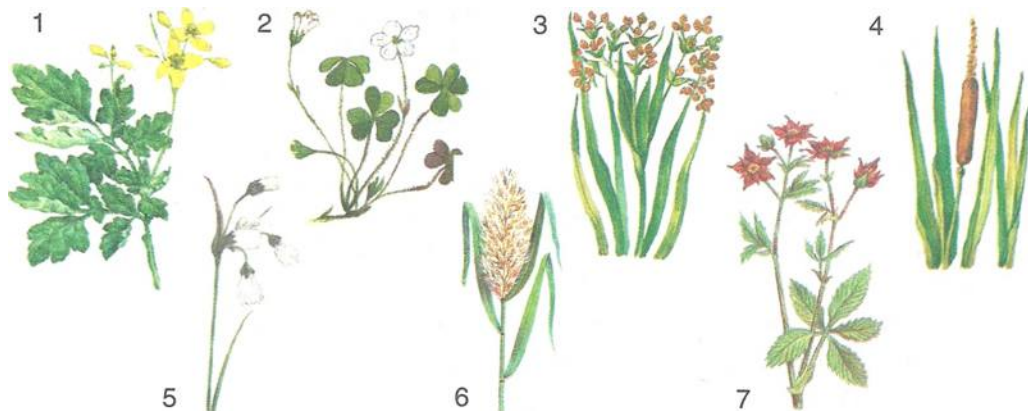


Рис. 84. Растения-гигрофиты: 1 — чистотел большой; 2 — клевер обыкновенный; 3 — камыш лесной; 4 — рогоз широколистный; 5 — пушица широколистная; 6 — тростник обыкновенный; 7 — сабельник болотный

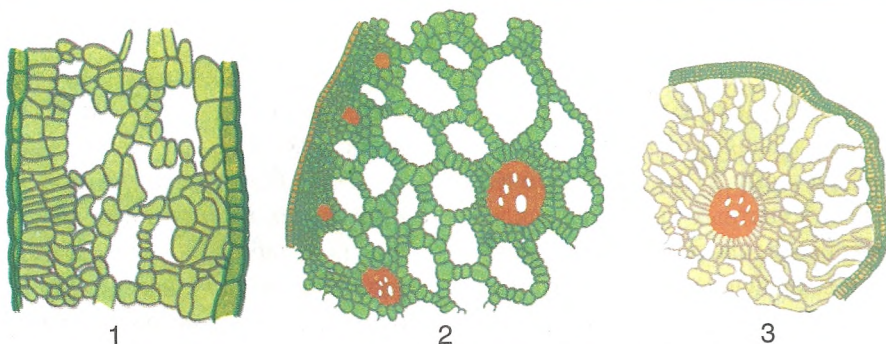


Рис. 85. Аэренхима (рыхлая ткань с системой межклетников) на поперечных срезах вегетативных органов прибрежных растений: 1 — лист; 2 — стебель; 3 — корень

Наиболее типичные гигрофиты — травянистые растения влажных тропических лесов, прибрежные виды (*тростник*, *камыш*, *рогоз*), растения сырых лесов (*чистотел большой*, *кислица обыкновенная*), сырых и влажных лугов, болот (*сабельник болотный*, *осока*, *пушица*), некоторые культурные растения (например, *рис*).

Характерные черты гигрофитов — тонкие листовые пластинки с небольшим числом широко открытых устьиц, рыхлое сложение тканей листа с крупными межклетниками, а также развитие у многих видов воздухоносной паренхимы — **аэренхимы** (рис. 85). Водопроводящая система (ксилема) развита слабо, корни тонкие, слаборазветвленные, часто без корневых волосков. К физиологическим адаптациям гигрофитов следует отнести незначительную водоудерживающую способность клеток и, как следствие, высокую интенсивность транспирации, которая

мало отличается от физического испарения. Избыточная влага затрудняет газообмен, и, следовательно, фотосинтез, дыхание и всасывающую деятельность корней, поэтому удаление излишков влаги представляет собой борьбу растений за доступ воздуха.

Ксерофиты — растения сухих мест обитания, способные переносить продолжительную засуху в активном состоянии. Это растения пустынь, сухих степей, саванн, сухих субтропиков, песчаных дюн и т. д.

Постоянный или временный недостаток влаги в почве преодолевается ксерофитами следующими способами:

- 1) эффективным добыванием (всасыванием) воды;
- 2) экономным ее расходом;
- 3) способностью переносить большие потери воды.

Интенсивное добывание воды из почвы осуществляется ксерофитами благодаря хорошо развитой корневой

системе. По общей массе их корневые системы примерно в 10, а иногда и в 300—400 раз превышают массу надземных частей. Длина корней может достигать 10—15 м и более, что позволяет растениям использовать влагу глубоких почвенных горизонтов (рис. 86).

Экономное расходование влаги ксерофитами обеспечивается тем, что листья у них мелкие, жесткие, с толстой кутикулой и многослойным толстостенным эпидермисом, с большим количеством механических тканей. Поэтому даже при большой потере воды листья не теряют упругости.

К физиологическим адаптациям относятся высокая водоудерживающая способность клеток и тканей благодаря значительной доле связанной воды в общем водном запасе, сохранение активности ферментов при глубоком обезвоживании.

Ксерофиты с наиболее ярко выраженными ксероформными признаками строения листьев, перечисленными выше, имеют своеобразный внешний облик, за что получили название **склерофиты**.

К группе ксерофитов относятся и **суккуленты** (рис. 87) — растения с сочными мясистыми листьями или стеблями, содержащими сильно развитую водоносную ткань. В отличие от склерофитов основной способ преодоления засухи у суккулентов — накопление больших запасов воды в тканях (например, у крупных экзем-

пляров кактусов — до 2—3 т воды) и очень экономное ее расходование. Это оказывается возможным благодаря защите эпидермиса растений восковым налетом. Вдобавок немногочисленные устьица суккулентов днем обычно закрыты. В результате уровень транспирации у них чрезвычайно низкий: в пустынях некоторые виды кактусов испаряют в сутки всего лишь 1—3 мг воды на 1 г сырой массы.

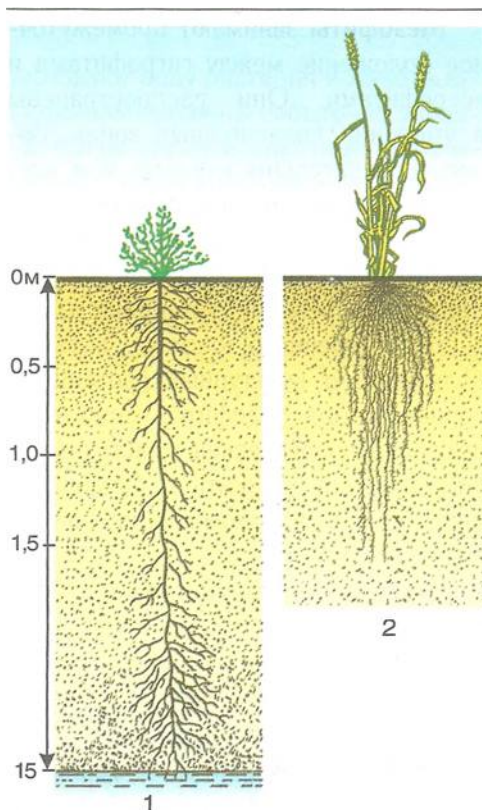


Рис. 86. Различные типы корневых систем пустынных растений: 1 — верблюжья колючка; 2 — злак

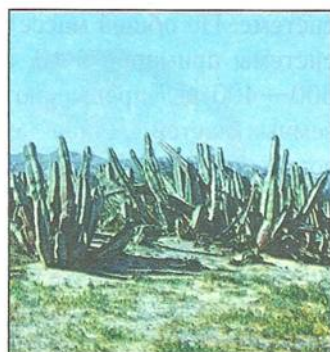


Рис. 87. Суккуленты

Мезофиты занимают промежуточное положение между гигрофитами и ксерофитами. Они распространены в умеренно увлажненных зонах, более требовательны к влаге, чем ксерофиты, и менее, чем гигрофиты. К мезофитам относятся растения лугов, травянистого покрова лесов, лиственные деревья и кустарники из областей умеренного климата, а также большинство культурных растений и сорняков. Для мезофитов характерна высокая экологическая пластичность, позволяющая им жить в биотопах с широким диапазоном изменчивости водного режима.

Адаптации животных к водному режиму. Среди наземных животных по отношению к водному режиму также можно выделить три экологические группы — **гигрофилы**, **мезофилы** и **ксерофилы**, но они выражены менее четко, чем у растений, в связи с подвижностью животных. Способы регуляции водного баланса у них, наоборот, зна-

чительно разнообразнее, чем у растений. Их можно разделить на поведенческие, морфологические и физиологические.

К числу *поведенческих* приспособлений относятся: поиски водоемов (*антилопы*, табуны *лошадей* кочуют от одного водопоя к другому), выбор мест обитания (многие животные пустынных зон концентрируются в оазисах и речных долинах) и времени суточной активности (например, *слизни* и *садовые улитки* активны ночью и утром, когда еще не высохла трава и высока влажность воздуха), рытье нор (в норах влажность воздуха приближается к 100 %, что снижает испарение через покровы и экономит влагу в организме) и т. д.

К *морфологическим* способам поддержания водного баланса относятся образования, способствующие задержанию воды в теле: отсутствие кожных желез и ороговение покровов у пресмыкающихся, хитинизированная кутикула у насекомых и др.



Физиологические приспособления к регуляции водного обмена можно разделить на три группы:

1) способность ряда видов довольствоваться влагой, поступающей с пищей (многие *насекомые*, мелкие пустынные *грызуны*);

2) способность к экономии влаги в пищеварительном тракте за счет всасывания воды стенками заднего отдела кишечника (*насекомые*, все наземные *хордовые*), а также образование вы-

сококонцентрированной мочи (*овцы, тушканчики*);

3) способность к эффективной терморегуляции путем потоотделения и отдачи воды со слизистых оболочек ротовой полости (*собаки, верблюды, овцы*).

Вместе с тем даже пойкилотермные животные не могут избежать потерь воды, связанных с испарением. Основной путь сохранения водного баланса при жизни в пустыне для них — это избегание воздействия высоких температур.

46



1. Для чего и в ходе каких процессов расходуют воду растения и животные?
2. Какие приспособления позволяют растениям заселять избыточно увлажненные и засушливые местообитания? 3. Какие крупные животные встречаются в пустынях? Каковы их приспособления к жизни в условиях пустынь?

*34. Биологические ритмы и фотопериодизм

Периодичность в развитии живых организмов, связанная с особенностями климата. Одним из важнейших свойств живой природы является цикличность большинства происходящих в ней процессов. Вся жизнь на Земле подчинена определенным ритмам — периодически повторяющимся явлениям природы. Ритмы, регистрируемые в живом мире, называются биологическими.

Биологические ритмы — это периодически повторяющиеся изменения природных явлений, физиологических процессов и поведения организмов. Биоритмы возникли в процессе эволюции растений, животных и человека как приспособления к таким

закономерным периодическим чередованиям природных явлений, как смена времени суток, сезонов года, лунных фаз, приливов и отливов и т. п.

Природные ритмы для любого организма можно разделить на внутренние (связанные с его собственной жизнедеятельностью) и внешние (циклические изменения в окружающей среде).

К *внутренним* (или физиологическим) относятся такие ритмы, периодичность которых не зависит от действия факторов внешней среды (биение сердца, дыхательные движения, работа желез внутренней секреции, деление клеток, активность ферментов). Определенному ритму подчиня-



ется работа всех клеток, тканей и органов растений и животных. При этом каждая система органов имеет свой собственный период, изменить который действием факторов внешней среды можно лишь в узких пределах, а для некоторых процессов практически невозможно.

Внешние биоритмы имеют геофизическую природу, так как связаны с вращением Земли вокруг Солнца и своей оси, а также вращением Луны относительно Земли. Под влиянием этого закономерно, с определенной периодичностью, изменяются такие экологические факторы, как световой режим, температура, влажность и давление воздуха, происходят океанические приливы и отливы и т. д. Амплитуда изменчивости этих факторов связана с широтной принадлежностью того или иного региона, его удаленностью от океана, в результате чего и сформировались климатические зоны на нашей планете.

Чтобы выжить, организмы в процессе длительной эволюции развили системы восприятия периодических изменений в окружающей среде и выработали способность соответствующим образом изменять свое физиологическое состояние. Повторяемость состояний организма может осуществляться через равный промежуток времени, называемый **периодом**. Например, каждые 24 ч — *суточная* периодичность, один раз в сезон — *сезонная*, ежегодно по-

вторяющаяся — *ежегодная* периодичность и т. д. Благодаря биоритмам самые важные функции организма (питание, рост и развитие, размножение) совпадают с наиболее благоприятным для этого временем суток или периодом года. Биоритмы, таким образом, помогают организму согласовать свою деятельность с меняющейся средой и эффективно приспособиться к ней.

Суточные ритмы наблюдаются почти у всех живых организмов. Они обусловлены 24-часовыми солнечными сутками. Однако в условиях относительного постоянства геофизических факторов установлены ритмы жизнедеятельности с периодом не строго в 24 ч, а несколько большими или меньшими. Такие ритмы называются *циркадными* (от лат. *circa* — около, *dies* — день) или *околосуточными*. С такой периодичностью у растений изменяются скорость роста, интенсивность фотосинтеза, дыхания, транспирации, движения листьев, открывания и закрывания устьиц и цветков. Величина отклонения от 24-часового цикла зависит от суточных колебаний освещенности, температуры, влажности и других экологических факторов. При этом у одних видов периоды активности строго приурочены к определенному времени суток, у других могут сдвигаться в зависимости от обстановки. Так, *жабы* и *бурые лягушки* активны ночью, когда влажность воздуха выше, чем днем. Напротив, *озерная*

и *прудовая лягушки*, находящиеся в условиях высокой влажности, активны днем. Будучи теплолюбивыми, большинство пресмыкающихся умеренных широт — дневные, немногие виды — сумеречные и только *гекконы* — ночные виды. В пустынях, напротив, многие виды животных активны в ночное время, так как днем они прячутся в укрытия от сильной жары.

Подавляющее большинство птиц — дневные животные, просыпающиеся с восходом и засыпающие с заходом солнца. Такая суточная цикличность активности связана с тем, что большинство птиц питаются растительными кормами и дневными животными, и при добывании корма используют преимущественно зрение. Сравнительно немногие виды (*совы*, *козодои*), кормящиеся ночными животными, активны ночью или в сумерках (рис. 88). При поиске добычи, кроме зрения, они используют острый слух.

Суточная активность млекопитающих определяется, как и у птиц, главным образом возможностью добывать корм в то или иное время суток, а не температурой и влажностью, поскольку они теплокровные животные.

У человека отмечено свыше 300 физиологических функций, обусловленных суточной периодичностью. Циркадные ритмы у него выражаются в чередовании сна и бодрствования, колебаниях температуры тела в пределах $0,7\text{—}0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, циклах деятельности сердца и почек, глубине и частоте

дыхания, мышечной и умственной работоспособности и т. п.

Сезонная периодичность относится к числу наиболее общих явлений в живой природе. Она особенно выражена в умеренных и северных широтах, где контрастность климатических условий разных сезонов года весьма значительна. При этом, чем резче сезонные изменения внешней среды, тем сильнее выражена годовая периодичность жизнедеятельности организмов. Весеннее цветение большинства растений, осенний листопад, спячка, запасание жира, сезонные линьки, миграции развиты преимущественно у организмов умеренного и холодного климата. В тропиках сезонная периодичность в жизненных циклах растений и животных выражена слабо.



Рис. 88. Ушастая сова с добычей

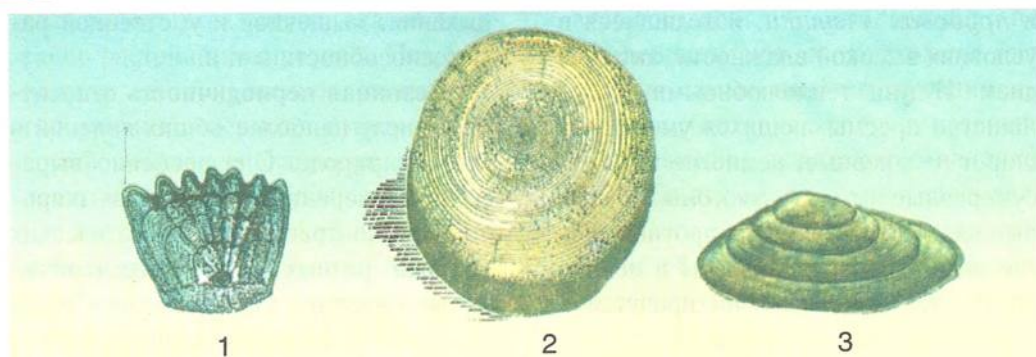


Рис. 89. Сезонная периодичность роста (годовые кольца): 1 — чешуи рыбы; 2 — ствола дерева; 3 — раковины моллюска

У многолетних растений и пойкилотермных животных сезонная периодичность связана с различиями в скорости роста в разные периоды года. Это выражается в образовании годичных колец в стебле древесных растений, на раковинах моллюсков, чешуе рыб (рис. 89) и плодовых телах трутовых грибов.

У животных разных видов сезонная периодичность выражается в кормовых, зимовочных и нерестовых перемещениях. Четко выражены кормовые кочевки и миграции у птиц (рис. 90). Так, например, *белые аисты*, *мухоловки*, *ласточки* и *стрижи* ежегодно улетают зимовать за тысячи километров в Южную Африку, возвращаясь в Европу, как правило, на одни и те же места.

Многие млекопитающие при недостатке пищи или невозможности ее добычи из-за глубокого снежного покрова также совершают миграции. Например, *северные олени* проводят зиму на окраине таежной полосы, питаются ягелем и другими лишайниками, растущими на стволах деревьев. Но уже при первых признаках весны они возвращаются в тундру, придерживаясь из года в год одного и того же маршрута.

Зимовочные миграции в дельты крупных рек свойственны многим видам рыб (*сазан*, *лещ*, *судак* и др.), где они



Рис. 90. Сезонные миграции мухоловки-пеструшки



поздней осенью собираются в глубоких местах («зимовальных ямах») и проводят зиму в малоподвижном состоянии.

Сезонная цикличность у животных выражается в явлениях зимней и летней **спячки**. Она свойственна тем животным, которые в определенные периоды года не могут добыть достаточное количество полноценного корма. Впадающие в зимнюю спячку млекопитающие накапливают с осени значительное количество жира. В настоящую зимнюю спячку, которая характеризуется сильным снижением температуры тела, приостановкой процессов пищеварения, низким уровнем дыхания и кровообращения впадают *ежи, суслики, сурки, хомяки, тушканчики, летучие мыши*.

Когда весенняя сочная трава вырастает, в летнюю спячку впадает среднеазиатский *желтый суслик*.

Фотопериодизм. Одним из наиболее регулярно изменяющихся факторов среды является длина светового дня, ритм чередования светлого и темного периодов суток. Для любой точки земного шара фотопериод из года в год повторяется с астрономической точностью и находится в строгом соответствии с сезонами года.

Реакция организмов на суточный ритм освещения, выражающаяся в изменении процессов роста и развития, называется фотопериодизмом. Способность живых организмов реагировать на изменение длины дня дает им возможность заблаговременно пе-

рестроить физиологические процессы в связи с сезонными сменами условий. Фотопериод выступает в качестве сигнала предстоящих изменений климатических факторов, таких, как температура и влажность. Под фотопериодическим контролем находятся практически все физиологические процессы, связанные с ростом, развитием и размножением растений и животных.

По типу фотопериодической реакции различают следующие основные группы растений:

1) растения короткого дня, которым для перехода к цветению требуется 12 и менее часов светлого времени в сутки (*капуста, табак, рис, хризантемы* и др.);

2) растения длинного дня — для цветения и дальнейшего развития им нужна продолжительность светового периода более 12 ч в сутки (*пшеница, лен, картофель, овес, морковь* и др.);

3) фотопериодически нейтральные — для них длина фотопериода безразлична и цветение наступает при любой длине дня, кроме очень короткой (*томат, одуванчик, гречиха, флокс* и др.).

Растения длинного дня произрастают преимущественно в северных широтах, растения короткого дня — на юге.

Фотопериодическая реакция свойственна не только растениям, но и животным.



Известно, что наиболее благоприятное время для появления потомства у животных — это время года, когда вокруг до-



статочное количество корма. Так, яичники и семенники *голубя вяхири* начинают созревать, когда продолжительность дня превышает 12 ч, т. е. способности размножаться он достигает к маю. *Сизому голубю* для созревания половых желез требуется 9-часовой световой день, поэтому эта птица бывает готова к спариванию 2—3 раза в год. Различие в сроках размножения объясняется тем, что вяхирь питается главным образом зерном поздно созревающих злаков, а сизый голубь — имеющимися повсюду в изобилии семенами сорняков. В то же время городской сизый голубь находит обильную пищу в уличных отбросах практически в любое время года, поэтому у него нет предпочтительного времени размножения.

Подобная фотопериодическая регуляция времени появления на свет потомства характерна и для большей части млекопитающих. Помимо более распространенных животных с длиннодневным типом фотопериодической реакции, встречаются и животные с короткодневным типом. При этом преимущество имеют те, у которых беременность продолжается длительное время, а потомство от весеннего спаривания рождается задолго до наступления осенних холодов. Например, у *коз* и *овец* плод развивается 5—6 месяцев, у *олений* и *косуль* — около 9 месяцев, а спаривание происходит в конце лета или осенью. Увеличение размеров половых желез и созревание половых клеток у них начинается с наступлением коротких дней.

Весьма интересно размножение *косуль*. Спаривание у них происходит в июле-августе, но оплодотворенная яйцеклетка не внедряется в слизистую оболочку матки и не развивается. То и другое совершается лишь во второй половине

декабря, а потомство появляется на свет в мае, когда вокруг изобилие свежих зеленых растений. Часть *косуль*, которые в разгар брачного периода остались без партнера, спариваются в декабре, и развитие яйцеклетки у них начинается сразу же после оплодотворения. Период беременности таких *косуль* сокращается на 3 месяца.

Таким образом, способность воспринимать длину дня и реагировать на нее широко распространена в мире живых существ. Это означает, что организмы способны ориентироваться во времени, т. е. они обладают **биологическими часами**, которые позволяют им ощущать суточные, сезонные, приливные, лунные и годовые циклы и заранее готовиться к предстоящим изменениям среды.

Правильно подобрав режимы освещения, наиболее соответствующие биоритмам, можно заметно повысить продуктивность разводимых растений и животных. Например, в теплицах, оранжереях и парниках благодаря увеличению светового дня до 12—15 ч зимой выращивают овощные культуры и декоративные растения. Продлив за счет искусственного освещения световой период зимой, можно увеличить яйценоскость кур, уток, гусей, регулировать размножение пушных зверей на зверофермах.



1. Что такое биологические ритмы? биологические часы? Назовите виды биоритмов.
2. Каковы возможные причины изменения циркадных ритмов у человека, находящегося в пещере, герметичной камере, подводном плавании? Ответ обоснуйте.
3. Приведите примеры сезонной периодичности у растений и животных.
4. Почему многие растения тропического пояса чувствительны даже к очень небольшим изменениям длины дня?*



Глава 5

ЧЕЛОВЕК В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

*Аэродромы, пирсы и перроны,
Леса — без птиц,
И земли без воды.
Все меньше окружающей природы,
Все больше окружающей среды...*

Р. Рождественский

- Какие дополнительные факторы среды создал человек в ходе своей деятельности? Как они влияют на его здоровье?
- Почему происходит неуклонное увеличение доли городского населения на планете? Чем привлекает человека жизнь в городе?
- В состоянии ли Земля прокормить постоянно увеличивающееся население без ущерба для планеты?





35. Здоровье человека как показатель его адаптации к окружающей среде

Здоровье человека и окружающая среда. Несмотря на то что человеку в отличие от животных присущи многие специфические свойства (разум, членораздельная речь, осознанная трудовая деятельность и др.), он не утратил своей биологической сущности. Для него, как и для всех других живых организмов, справедливы все законы экологии.

Люди широко расселились по всем континентам планеты. Как биологический вид человек возник на территории Центральной Африки, где для него сложились комфортные условия существования. Однако территория, где воздействие экологических факторов не выходит за рамки унаследованной от предков **толерантности** (пределов выносливости), весьма ограничена.



Как и десятки тысяч лет тому назад, оптимальными для человека остаются: температура воздуха $+18-35^{\circ}\text{C}$, атмосферное давление $80-150$ кПа, кислотность питьевой воды $5,5-8,0$, содержание в ней нитратов $2-15$ мг/л.

За пределами исходного (биологического) ареала человек может выживать, преодолевая неблагоприятные факторы окружающей среды (слишком низкую или высокую температуру, отсутствие пищи в зимний период) с помощью специально созданных защитных средств, устройств и приспособ-

лений. Это отапливаемые жилища, теплая одежда, консервированные продукты питания и т. д.

С другой стороны, в условиях промышленных предприятий многие факторы (шум, вибрация, температура, влажность, электромагнитные поля, примеси вредных веществ в воздухе и т. д.) периодически или постоянно находятся за пределами выносливости человеческого организма. Это отрицательно сказывается на здоровье людей в виде профессиональных заболеваний, стрессов, психических расстройств и т. д. Поэтому существует специальная система технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение безопасности трудовой деятельности человека. Безопасность достигается путем снижения уровня воздействия на организм опасных и вредных производственных факторов.

Но удастся это далеко не всегда. Поэтому для работников ряда производств ограничивается общий трудовой стаж, сокращается продолжительность рабочего дня (например, при работе с ядовитыми или радиоактивными веществами — до 4 ч). Кроме этого, создаются специальные приспособления для снижения уровня вибрации и шума, электромагнитного и теплового излучений, защиты от радиации и т. д.



Производственно-хозяйственная деятельность человека, использование (переработка) природных ресурсов неизбежно приводят к образованию побочных продуктов (отходов), рассеивающихся в окружающей среде. Поступающие в воду, почву, воздух, а также попадающие в пищу химические соединения также являются экологическими факторами. По отношению к ним (особенно к верхним пределам их накопления) устойчивость человеческого организма очень мала.



На человека, как и на любое живое существо, конкретный экологический фактор воздействует не в одиночку, а во взаимодействии с другими факторами. В зависимости от этого диапазон толерантности (выносливости) к каждому из них также может изменяться. Например, при относительной влажности воздуха 30 % оптимальной для человека является температура воздуха +28 °С. Но при влажности 70 % та же самая температура выходит за пределы оптимума и попадает в зону пессимума (угнетения). В этих условиях проявляется недомогание: учащается дыхание, появляется чувство жара и духоты, человек даже может потерять сознание.

Одним из основных показателей степени приспособленности человека к факторам окружающей среды является здоровье. Обычно мы не знаем, какой из факторов среды в данный момент действует сильнее. Но если здоровье популяции, нации или человечества в целом ухудшается, следовательно, что-то действует неблагоприятно. По масштабам изменений здоровья можно оценить и масштаб действия повреж-

дающего фактора: или он воздействует только на определенную популяцию, или действует в определенном районе, или является общепланетарным.

Понятие об индивидуальном здоровье. Со времен Гиппократы здоровье определялось как отсутствие болезней, как состояние организма, при котором он способен полноценно выполнять свои функции. Здоровье в таком понятии — объект медицины. Врач-практик всегда имеет дело с конкретным пациентом. Оценивая здоровье пациента, врач определяет, есть ли у него хронические заболевания, анализирует функциональное состояние его органов и систем, индивидуальные особенности, психическое и физическое развитие. По результатам обследования пациента врач принимает конкретное решение о лечении больного, назначает лекарства, лечебные процедуры и режим.

Здоровье как популяционная категория. Здоровье людей зависит от наследственности и воздействия различных факторов окружающей среды. Это обстоятельство учитывается при рассмотрении здоровья на популяционном уровне. В этом случае объектом исследования выступает не отдельный человек, а популяция или совокупность популяций — этническая группа, нация, человечество в целом. Проблемами здоровья людей на популяционном уровне занимается одна из новых отраслей экологии — медицинская экология.



Здоровье на популяционном уровне — это более общая категория, поскольку то, что касается популяции, обязательно проявляется у многих конкретных индивидуумов. Например, в некоторых районах Европы (в том числе и в Беларуси) распространено заболевание эндемичный зоб. От него страдает несколько миллионов человек. Причиной этого заболевания является дефицит йода в питьевой воде. В каждом конкретном случае врач назначает больному йодсодержащие лекарственные препараты, а при необходимости направляет пациента на операцию. Напротив, на популяционном уровне есть действенный способ борьбы с заболеванием — коррекция минерального состава питьевой воды или пищи добавлением необходимого коли-

чества йода в виде йодированной соли (рис. 91). Этот способ распространяется на всю популяцию и имеет не только профилактический, но и лечебный характер.

Основными экологическими показателями состояния здоровья популяции человека являются: рождаемость и смертность, продолжительность жизни, заболеваемость и ее структура. Важную роль играют и такие показатели здоровья людей, как трудоспособность, психологические показатели, например удовлетворенность жизнью.

Изучение продолжительности жизни, соотношения рождаемости и смертности (**демографические показатели**) дает возможность оценить общее состояние популяции человека.

Продолжительность жизни человека — показатель, определяемый не только биологическими и наследственными особенностями, но и социальными условиями. Человек живет дольше, чем большинство высших позвоночных. Известно, что отдельные индивидуумы доживают до 110 и более лет, хотя это и не всегда подтверждено документально.



Рис. 91. Йодированные продукты



До 2002 г. старейшей жительницей Беларуси была 122-летняя Шарая М. В., проживавшая в деревне Жары Брагинского района Гомельской области. В 2002 г. в Книгу рекордов Гиннеса была занесена Закурдаева П. О. из алтайского города Заранска (Россия) как старейшая жительница Земли. Она родилась в 1866 г. и умерла в конце 2003 г. В мае 2004 г. исполнилось 116 лет Борисевич А. А.,



жильнице Беларуси, которая на тот момент была признана самой старой жительницей Европы.

Такие рекорды встречаются в различных частях света и характеризуют видовой (биологический) предел жизни. Индивидуумы, достигающие предельной продолжительности жизни, составляют незначительную часть популяции. Средняя продолжительность жизни в России, например, в 1896—1897 гг. составляла 32 года, в СССР в 1926—1927 гг. — 44 года, в 1958—1959 гг. — 69 лет, в 1970—1971 гг. — около 70 лет. В настоящее время отмечается ухудшение этого и других демографических показателей.

Динамика средней продолжительности жизни в большинстве стран современного мира характеризуется более благоприятными тенденциями у женщин по сравнению с мужчинами (см. рис. 58).

Большую информацию о состоянии популяции человека дают показатели заболеваемости населения и структура заболеваний. **Заболеваемость** отражает степень приспособленности популяции к условиям среды, а структура заболеваний — удельный вес каждого заболевания в общем количестве.

Знание причин заболеваний, условий среды, которые эти причины порождают, дает человеку инструмент для защиты своей популяции и каждого конкретного индивидуума от влияния неблагоприятных факторов среды.

Заболеваемость — явление не случайное. Примерно на 50 % заболеваемость обусловлена образом жизни. Вредные привычки, неправильное питание, недостаточность физических нагрузок, приводящая к гиподинамии, стрессы, нарушение режима труда и отдыха способствуют развитию болезней. Еще по 20 % заболеваемости приходится на наследственность и эколого-климатические условия. Оставшиеся приблизительно 10 % определяются современным уровнем медицинской помощи.

Вот почему так важен для каждого человека здоровый образ жизни. Он способствует не только увеличению продолжительности жизни, но и улучшению ее качества.



1. Что является показателем адаптации человека к окружающей среде?
2. Что означает понятие «здоровье»?
3. Чем популяционное здоровье отличается от индивидуального? Каковы, на ваш взгляд, главные причины отличий?
4. Чем объясняется заболеваемость человека?
- 5*. Как вы думаете, какие заболевания являются основной причиной преждевременной смерти в индустриальных странах Европы и Северной Америки?
- 6*. Чем можно объяснить участвовавшие в настоящее время случаи инфаркта миокарда у молодых людей?



36. Реакции организма человека на изменение факторов среды

Адаптации человека к факторам среды. Организм человека — сложная, открытая биологическая система. Как и любое биологическое существо, он не может жить без окружающей среды, из нее черпает вещества и энергию, которые постоянно расходуются на поддержание процессов жизнедеятельности. На человека оказывают воздействие абиотические — физические (свет, атмосферное давление) и химические (состав воздуха, воды, пищи); биотические (живые существа) и антропогенные факторы (рис. 92). Организм человека приспособлен к определенной интенсивности и длительности воздействия природных факторов, которые в норме создают комфортную среду. В пре-

делах диапазона выносливости человек приспосабливается к условиям среды благодаря многочисленным защитным и адаптивным реакциям организма. Главными из них являются: поддержание постоянства внутренней среды (гомеостаз), регенерационные процессы, иммунитет, регуляция обмена веществ. В пределах оптимума и зоны нормальной жизнедеятельности эти реакции обеспечивают эффективное функционирование организма, высокую работоспособность, быстрое восстановление после физических и умственных нагрузок.

Избыток и недостаток тех или иных воздействий факторов среды приводит к развитию болезненных состояний, что подтверждает относительный ха-

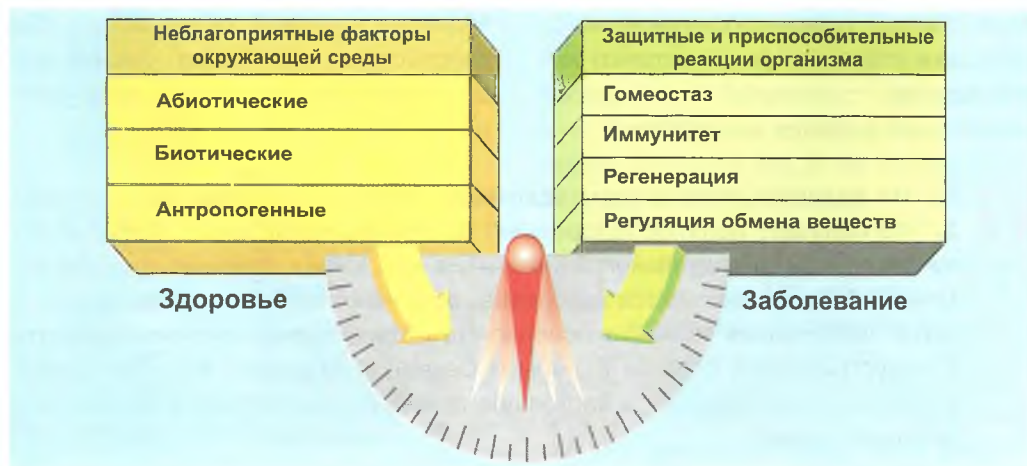


Рис. 92. Факторы, определяющие здоровье и заболеваемость людей



рактер адаптации человека. В случае перехода какого-либо фактора в зону пессимума эффективность адаптивных систем снижается или приспособительная способность утрачивается. В организме возникают патологические изменения, что свидетельствует об определенном заболевании.

Патологические состояния, появившиеся под влиянием факторов окружающей среды, проявляются чаще всего в отравлениях (токсикозах), аллергических реакциях, онкологических и наследственных заболеваниях, врожденных аномалиях.

Отравления (токсикозы) — одна из самых распространенных реакций организма на влияние антропогенных факторов. Отравления развиваются вследствие поступления в организм тех или иных **веществ-токсикантов**. Практически любое вещество в определенных дозах может стать токсичным. Однако по частоте заболеваний можно выделить наиболее распространенные на сегодняшний день токсиканты: ядохимикаты, нитраты, тяжелые металлы, некоторые промышленные и бытовые химические вещества.

Аллергические реакции (аллергии) стали «визитной карточкой» современного человеческого сообщества. Аллергия — это состояние повышенной чувствительности организма к определенным веществам — **аллергенам**. Вследствие контакта с аллергеном снижается иммунитет организ-

ма. Могут развиваться различные заболевания, прежде всего дерматит (воспаление кожи), бронхиальная астма, сенная лихорадка, отеки и др. Как правило, прекращение контакта с аллергеном приводит к выздоровлению. Аллергенами могут быть шерсть и перо животных, пыльца растений, лечебные препараты, продукты питания, некоторые вещества природного и искусственного происхождения, бытовая химия. Число аллергенов постоянно возрастает пропорционально числу новых веществ, которые человек использует в быту или на производстве.

Онкологические заболевания — это большая группа заболеваний, связанных с бесконтрольным делением клеток различных частей человеческого организма, способных образовывать метастазы — новые опухоли на здоровых тканях. Опухоли по своей природе бывают доброкачественными и злокачественными. И те и другие снижают качество жизни человека, а злокачественные часто приводят к летальному (смертельному) исходу. Вещества, которые способствуют развитию злокачественных опухолей, называются **канцерогенами**. Наиболее распространенные из них — бензопирен, бензол, фенольные соединения, винилхлорид, сажа, смолы, минеральные масла. Сегодня известно около 60 химических канцерогенов и 2 физических — ультрафиолетовое излучение и ионизирующая радиация. Канцеро-



генами являются также некоторые вирусы и продукты жизнедеятельности ряда патогенных бактерий и грибов.



Бензопирен — ароматический углеводород. Существует в виде двух изомеров, один из которых обладает канцерогенным действием. Выделяется из табака во время курения, при переработке нефтепродуктов, с выхлопными газами автомобилей.

Наследственные заболевания связаны с возникновением повреждений ДНК или хромосом. Такие повреждения называются **мутациями**. Как вы уже знаете из курса биологии 9-го класса, молекулы ДНК являются носителями наследственной информации. Они отвечают за развитие у организмов тех или иных признаков и передачу этих признаков потомкам. ДНК входит в состав особых структур ядра клеток — хромосом. Если происходит повреждение того или иного участка молекулы ДНК, то признаки, закодированные в ней, также могут изменяться, иногда весьма существенно. Повреждения ДНК наследуются

(передаются потомкам) в том случае, если они возникли в половых клетках. Такие мутации могут вызывать бесплодие, рождение нежизнеспособных, либо с физическими и умственными отклонениями детей. Факторы, вызывающие мутации, называются **мутагенными**. Большая часть канцерогенов является также мутагенами.

Врожденные аномалии возникают вследствие действия факторов, которые нарушают нормальное развитие плода в период беременности. Такие факторы называются **тератогенными**. Почти все канцерогены и множество токсикантов обладают тератогенными свойствами. Среди тератогенов наиболее известен никотин. У женщин, которые курят или пассивно вдыхают табачный дым, никотин постоянно накапливается и концентрируется в яйцеклетках. После оплодотворения яйцеклетки никотин нарушает нормальное развитие плода. Поэтому курящая женщина практически не имеет шансов родить здорового ребенка.



1. Благодаря каким реакциям и процессам человек приспосабливается к изменениям условий окружающей среды? **2.** Почему аллергию называют болезнью XXI века? **3*.** Почему возрастают случаи развития злокачественных опухолей? **4.** Составьте схему «Реакции организма человека на влияние факторов среды». **5.** Как вы думаете, какие территории Земли, кроме Антарктиды, непригодны в настоящее время для постоянного проживания человека?



37. Влияние абиотических факторов на здоровье человека. Космические и геофизические факторы

Свет. Организм человека эволюционно сформировался в условиях солнечной радиации, поэтому люди, как и все живые существа, зависят в своей жизни от Солнца.

Как уже отмечалось, в состав солнечного спектра входит *видимое* излучение, которое через зрительный анализатор ориентирует человека в пространстве. Видимый свет обеспечивает человеку 80—90 % информации об окружающем мире, влияет на состояние нервной системы, повышая активность коры больших полушарий. Свет воздействует на фотохимические процессы в организме, на суточный ритм жизни, обмен веществ, работоспособность, самочувствие и т. п.

Кроме видимого света, на организм человека влияет *ультрафиолетовое* излучение (УФ). В целом оно оказывает тонизирующее действие, вызывает пигментообразование (загар), влияет на синтез витамина D в коже, повышает иммунитет, активизирует обмен веществ. Обладая антисептическим и бактерицидным действием, УФ предотвращает возникновение воспалительных процессов в волосяных сумках, угнетает развитие грибковых заболеваний кожи.

Избыток солнечной радиации, как и ее недостаток, оказывает отрицательное влияние на здоровье человека. Длительное световое голодание спо-

собствует развитию ряда заболеваний, затрудняет лечение туберкулеза, сердечно-сосудистых заболеваний. Но и повышенные дозы солнечной радиации неблагоприятны для организма: снижается иммунитет (уменьшается содержание лейкоцитов крови, отвечающих за формирование иммунитета). Большие дозы ультрафиолетового излучения являются причиной мутаций, повышают вероятность развития онкологических заболеваний. От вредного воздействия ультрафиолета все живое на Земле защищает озоновый экран, который находится в верхних слоях атмосферы (см. рис. 2).

Естественное для человека освещение — солнечное. В настоящее время воздействие этого фактора заметно изменилось. Большую часть времени современный человек проводит в помещении. Световая среда закрытых помещений значительно отличается от естественной, так как через стекло проходит не весь спектр солнечного излучения. Это, в первую очередь, относится к УФ-лучам. К тому же освещенность часто бывает недостаточной (менее 200—250 люкс при норме около 500 люкс). Искусственное освещение отличается от естественного узким спектром, монотонностью, пульсацией. Для того чтобы добиться от люминесцентных ламп такого же биологического эф-



фекта, как от солнечного света, требуется освещенность уже не 500, а 2000 люкс.

Даже выйдя из помещения, мы порой попадаем в световую среду, далекую от естественной. Загрязненная атмосфера городов задерживает до 40 % видимого света и более 50 % ультрафиолетового излучения. Поэтому городскому жителю для получения необходимой (профилактической) дозы солнечного излучения нужно находиться под открытым небом вдвое дольше, чем жителю сельской местности.



Влияние Солнца на здоровье человека было отмечено еще в глубокой древности, но детальные исследования начались только в XVIII—XIX стст. Сегодня известно, что влияние Солнца связано, прежде всего, с 11-летним циклом солнечной активности. Повышение солнечной активности является причиной возникновения магнитных и ионосферных бурь. Такие бури, в свою очередь, обуславливают увеличение напряжения электромагнитного поля Земли, что непосредственно влияет на организм человека. В годы повышенной солнечной активности или во время магнитных бурь у людей учащаются нарушения деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем, психики и поведения. Всплески солнечной активности приводят, с одной стороны, к ослаблению иммунитета, а с другой — к повышению агрессивности природных носителей инфекций. Поэтому возрастает вероятность инфекционных заболеваний, в том числе тех, которые имеют характер эпидемий (грипп, холера, дизентерия).

Электромагнитное излучение.
Человек живет в геомагнитном поле

Земли. Это его естественная среда. Однако в результате деятельности человека возникла и искусственная электромагнитная среда, далеко не безвредная для организма. Источником электромагнитного излучения являются радиостанции и высоковольтные линии электропередач, поля электропроводок внутри здания (рис. 93). Электромоторами создаются вихревые электромагнитные поля (на производстве, в домашних холодильниках, стиральных машинах и др.). В закрытых помещениях источниками электромагнитных излучений чаще всего бывают телевизоры, компьютеры и другие бытовые электроприборы. Определенный вклад в электромагнитное загрязнение вносят статические разряды на пластмассах и изделиях из полиэфирных смол (синтетических тканях, обоях, коврах, линолеуме и т. п.).



Предельно допустимый уровень электромагнитных полей — 20 кВ/м, пороговый — 30 кВ/м. В районах радиостанций уровень электромагнитного излучения превышает предельно допустимые нормы примерно в 4—8 раз, а вблизи высоковольтных линий электропередач более чем в 20 раз.

Электромагнитные излучения оказывают негативное влияние, прежде всего, на нервную систему человека. При напряжении электромагнитного поля в 1000 В/м появляются головные боли и чувство сильной усталости, при больших значениях — бессонница, развиваются неврозы и другие заболевания. Высокие уровни напряжения электромагнитных по-

лей влияют на эндокринную систему, репродуктивную функцию, обмен веществ и др.

Например, при продолжительной работе с компьютером развиваются заболевания глаз, кожи, появляется аллергия, депрессия. У женщин-операторов компьютерной техники, которые в течение 6—10 лет ежедневно контактируют с этой аппаратурой, наблюдаются нарушение менструального цикла, прерывание беременности, изменения психики. Могут развиваться опухоли, желудочно-кишечные заболевания. Эти факты свидетельствуют о необходимости строгого соблюде-

ния норм работы с телеаппаратурой и компьютерами, особенно детьми, девушками и молодыми женщинами.



При работе на компьютере **необходимо**: установить на экран стеклянный или высококачественный пластмассовый оптический фильтр; избегать сетчатых или тканых фильтров; подставку для черновых материалов поместить ближе к экрану. Экран должен находиться примерно на 20° ниже уровня глаз и на расстоянии 40—75 см от глаз. Важно избегать яркого потолочного света; каждые 10 мин отводить на 5—10 секунд взгляд в сторону от экрана. Освещенность экрана должна быть аналогичной освещенности помещения. Экраны большой разрешающей способности уменьшают напряжение зрения.



Рис. 93. Источники электромагнитного загрязнения



1. Какое влияние на жизнедеятельность человека оказывает солнечное излучение? Каким образом оно воспринимается человеком? 2. Соблюдаете ли вы осторожность при сильном солнечном излучении? Почему? 3. В чем заключается опасность ультрафиолетового излучения для живых организмов? 4. Каковы источники электромагнитного загрязнения окружающей среды? 5. Каковы биологические последствия действия электромагнитного излучения? 6*. Предложите способы снижения воздействия электромагнитных полей на человека.

38. Влияние климатических и почвенных факторов на здоровье человека

Климатические факторы. В наибольшей степени на организм человека оказывают влияние температура, относительная влажность воздуха и атмосферное давление. Тепло, влажность, свет, образуя разнообразные сочетания, определяют климат. С климатическими факторами тесно связано функциональное состояние и защитные реакции организма. Климатические условия определяются прежде всего температурой.



Верхний предел возможных для проживания человека температур составляет около $+55^{\circ}\text{C}$, нижний — около -60°C . Однако кратковременно человек может выдержать более высокие и более низкие температуры. Специальными исследованиями установлено, что температуру $+71^{\circ}\text{C}$ обычный человек выдерживает в течение 1 ч, $+82^{\circ}\text{C}$ — 49 мин, $+93^{\circ}\text{C}$ — 33 мин, а $+104^{\circ}\text{C}$ — 26 мин. Известны случаи кратковременного пребывания человека при температуре $+160^{\circ}\text{C}$ и даже $+200^{\circ}\text{C}$. С другой стороны, аборигены Центральной Австралии могут спать обнаженными при температуре воздуха 0 — $+5^{\circ}\text{C}$, а «моржи» — купаться в ледяной воде.

Зоной климатического комфорта для человека считается довольно узкий интервал температур ($+20$ — 25°C), который несколько отличается в странах с разным режимом влажности и температуры.

Оптимальная температура воздуха в помещениях жилых домов и общественных зданий в холодный период в странах с холодным климатом — $+21$ — 22°C , с умеренным климатом — $+20$ — 21°C , с жарким — $+17$ — 18°C . Таким образом, население холодных регионов предпочитает находиться в более теплых помещениях, чем жители жарких стран.

Температура воздуха — один из основных физических раздражителей организма. Она оказывает заметное влияние на важнейшие жизненные функции организма — терморегуляцию, обмен веществ, кровообращение и др.

Снижение температуры воздуха активизирует реакции теплообразования в организме. Чем ниже температура



воздуха и менее закален организм, тем ярче проявляются эти реакции.

С охлаждением организм борется до тех пор, пока он способен восполнить интенсивно расходуемое тепло. Если организм образует тепла меньше, чем расходует, наступает общее переохлаждение, сопровождающееся ослаблением всех его жизненных функций.

При высокой температуре возникают противоположные защитно-приспособительные реакции. Они продолжаются до тех пор, пока не наступит перегревание организма. Как переохлаждение, так и перегревание вредны для здоровья. Отрицательное влияние высокой температуры выражается в снижении физической активности людей, повышении вероятности заболеваний сердечно-сосудистой системы и почек.

Жара вызывает ощущение усталости и понижает жизненный тонус. Она способствует увеличению потовыделения, что приводит к потере организмом воды и минеральных солей. Если длительное время нет возможности утолить жажду, может возникнуть обезвоживание организма, особенно у детей и пожилых людей. С жарой часто связаны кожные заболевания и инфекционные гастроэнтериты, так как высокая температура воздуха способствует размножению возбудителей заболеваний.



Низкую и высокую температуру организм человека переносит по-разному. Так, при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ насы-

щенный влагой воздух, движущийся со скоростью 3 м/с, кажется таким же прохладным, как неподвижный воздух при температуре $+14^{\circ}\text{C}$. Резкое повышение влажности вызывает у больных людей одышку, учащенное сердцебиение, разбитость, апатию. В нормально вентилируемом помещении человек чувствует себя хорошо при таких соотношениях между температурой и влажностью воздуха: $+20^{\circ}\text{C}$ и 80 %, $+25^{\circ}\text{C}$ и 60 %, $+30^{\circ}\text{C}$ и 44 %, $+35^{\circ}\text{C}$ и 33 %.

Особенно нежелательны для здоровья внезапные колебания температуры. Они могут вызывать нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы, психические расстройства. Влияние температуры усиливается в условиях повышенной влажности.

Относительная влажность воздуха считается оптимальной при показателях 30—60 %. Зимой в помещениях с центральным отоплением влажность воздуха может снижаться до 18 %.



Приспособительные возможности организма к воздействию неблагоприятных климатических факторов, и в первую очередь к температуре окружающей среды, развиваются в процессе закаливания. Обычно под закаливанием понимают воздействие на организм таких природных факторов, как солнце, воздух и вода. Причем эти факторы должны быть близкими к экстремальным, а их воздействие — кратковременным. Экстремально высокие температуры человек испытывает в парной бане. В настоящее время получают распространение суховоздушные бани-сауны, в которых температура воздуха может подниматься до $+100^{\circ}\text{C}$ и более. Экстремально низкие температуры испытывают «моржи» и приверженцы обливания холодной водой.



Организм человека связан с воздушной средой посредством газообмена, который осуществляется при дыхании. Основная функция дыхания — снабжение организма кислородом, необходимым для протекающих в его клетках окислительных процессов. Чистый воздух содержит достаточное количество кислорода и способствует бодрому, активному настроению, высокой работоспособности. Колебания **атмосферного давления**, выходящие за пределы нормы, снижают насыщение крови кислородом и механически раздражают нервные окончания.

Это сказывается прежде всего на метеочувствительных людях и гипертониках, вызывая общее недомогание и головную боль, а также на людях, которые страдают артритом и артрозами.

Одно из проявлений влияния атмосферного давления — горная болезнь. На высоте около 3000 м снижается парциальное давление газов. Гемоглобин недостаточно насыщает кровь кислородом, и развивается гипоксия (кислородное голодание). При этом появляются одышка, слабость, усиливается сердцебиение, человек иногда теряет сознание. На больших высотах (выше 5000 м) может развиваться отек легких, и как следствие гипоксии мозга — кома.

Значительные перепады атмосферного давления могут вызывать кессонную болезнь. Эта болезнь связана с резким изменением парциального давления газов в крови.

Пузырьки азота, выделяющиеся при этом, могут закупорить капилляры и привести к потере сознания и даже к смерти. Кессонная болезнь развивается у аквалангистов и водолазов в случае, если они нарушают правила подъема из глубины на поверхность.

На нервную систему человека и его психическое состояние оказывает влияние **ветер**. Он вызывает перевозбуждение нервной системы, раздражая рецепторы кожи. Порывистые и жаркие суховеи резко учащают случаи неадекватного поведения людей. За 1—2 дня до наступления ветреных дней в крови и тканях многих людей увеличивается содержание биологически активного вещества серотонина.

Люди, страдающие различными хроническими заболеваниями, плохо чувствуют себя во время бурь, ураганов.

Резкая перемена погоды меняет соотношение в воздухе ионов, обладающих определенным электрическим зарядом.

Отрицательные ионы положительно влияют на здоровье человека, а *положительные* — негативно. Когда мы дышим воздухом, богатым отрицательными ионами, например возле быстро текущей воды, воздух кажется освежающим и возбуждающим. Когда же приходится дышать воздухом, где преобладают положительно заряженные ионы, что характерно для тесных жилых и производственных помещений с обилием всякого рода электромагнитных приборов, то возникает



состояние заторможенности, сонливости, головокружения.

Метеорологические колебания для здорового организма, как правило, не опасны, они как бы тренируют его, закаляют. Тем не менее у людей, которые не чувствуют воздействия изменений погоды, реакции на нее все же проявляются. Так, при резком изменении погоды водителям транспорта труднее концентрировать внимание. В связи с этим может возрасти число аварий. В результате болезней (гриппа, ангины, воспаления легких, заболеваний суставов) или переутомления сопротивляемость и резервы организма снижаются. Именно поэтому метеочувствительность отмечается у 35—70 % больных разными заболеваниями. Например, каждый второй, страдающий болезнями сердечно-сосудистой системы, проявляет метеочувствительность.

***Биоритмы человека.** Природная среда ритмично изменяется, и организм человека, как и других живых существ, реагирует на эти изменения.

Вы уже знакомы с циркадными, или околосуточными, ритмами. Это колебания температуры тела, частоты пульса, артериального давления, работоспособности. Обнаружены и высокочастотные ритмы, периоды колебания которых находятся в пределах от доли секунды до получаса. К ним относятся колебания биоэлектрической активности головного мозга, сердца, мышц и других органов, рит-

мы дыхания. Существуют также биологические ритмы средней частоты — от получаса до 20—28 ч.

Универсальными показателями общего состояния здорового организма служат циркадные ритмы. Важнейшим из них является колебание температуры тела. Так, сигналом отхода ко сну для большинства людей служит понижение температуры тела, а пробуждение обычно происходит при ее повышении. Из дня в день к этому моменту в крови повышается содержание адреналина — вещества, которое увеличивает частоту сердечных сокращений, активизирует работу всего организма.

В циркадном ритме меняется и работоспособность человека. Она имеет два подъема: с 10 до 12 ч и с 16 до 18 ч. Ночью работоспособность понижается, особенно в интервале от 1 до 3 ч. Одни из нас энергично работают в первой половине дня, их называют «жаворонками», другие — вечером. Это «совы» (рис. 94).

Смена часовых поясов приводит к сбою в биологических ритмах. Губительно действует на биологические ритмы алкоголь. Установлено, что после однократного приема большой дозы алкоголя нормальные суточные ритмы восстанавливаются только на третьи сутки.*

Почвенные и гидрологические факторы. Недостаток или избыток в среде каких-либо химических элементов



Рис. 94. «Жаворонки» и «совы»

и веществ в значительной степени определяет здоровье конкретной популяции.

Заболевания, связанные с особенностями региона, получили название *эндемичных* болезней. Например, дефицит йода в воде и продуктах питания, как уже отмечалось, является причиной заболеваний щитовидной железы, недостаток кальция — ломкости костей, недостаток кобальта или железа — малокровия.

Избыток тех или иных элементов не менее опасен. Так, повышенное содержание бора является причиной заболеваний органов дыхания и пневмонии. Недостаток фтора вызывает кариес зубов. Однако его избыток (до 1 г/л) приводит к разрушению зубов — флюорозу. Еще большее повышение его концентрации (до 5 г/л)

приводит к окостенению связок, нарушению работы печени, кишечника.

Во многих случаях несколько факторов, находящихся в минимуме или максимуме, оказывают совместное влияние. Так, например, низкое содержание кальция в сочетании с повышенным содержанием железа, стронция, свинца и цинка провоцирует деформацию костей, вызывает нарушение формирования хрящей, способствует искривлению позвоночника.

Многие случаи ухудшения состояния здоровья людей связаны с недостаточным или избыточным содержанием в воде и пище определенных веществ, в первую очередь с дефицитом кальция, железа, йода или излишком некоторых металлов, таких, как марганец, цинк, свинец, ртуть, бор.



1. Какое влияние на организм человека оказывают колебания температуры воздуха?
2. Какое влияние на организм человека оказывает снижение тем-



пературы? **3.** Как сказывается на состоянии человека недостаток кислорода в воздухе? **4.** Какое влияние на человека оказывает ветер? **5.** Какие болезни связаны с недостатком или избытком тех или иных химических элементов в пище и воде?

39. Пища и здоровье

Питательные вещества и их функции. Организм человека обменивается с окружающей средой органическими и минеральными веществами. Белки, жиры, углеводы, а также минеральные вещества и витамины он получает с пищей. В данном случае человек имеет больше возможностей для регулирования своего обмена веществ (по сравнению с газообменом), поскольку сам решает, чем и как ему питаться.

Вспомним, какие вещества и для чего мы потребляем. Главная функция **белков** — строительная. В теле взрослого человека за 7 лет обновляются все клетки (кроме нервных и клеток тканей зубов). Белки бывают как животного, так и растительного происхождения. Поступающие из внешней среды белки расщепляются в пищеварительной системе до аминокислот, из которых создаются новые белки для тканей и клеток тела.

Конечным продуктом белкового обмена являются азотсодержащие (мочевина и мочевая кислота) и не содержащие азот вещества (углекислый газ и вода). Важнейшей особенностью белкового обмена является то, что белки могут строиться только из аминокислот и не откладываются в запас.

Жиры выполняют в организме энергетическую (резервный запас энергии) и защитную (сохранение тепла, механическая изоляция) функции. В желудочно-кишечном тракте жиры расщепляются до глицерина и жирных кислот, которые всасываются в кишечнике, а затем поступают в лимфу и кровоток и разносятся по всему организму. Как и белки, жиры могут быть животного и растительного происхождения.

Главная функция **углеводов** — снабжение организма энергией. Углеводы в организме расщепляются до простых сахаров (глюкозы, фруктозы, галактозы и др.), которые и всасываются в кровь. Основной поставщик углеводов — продукты растительного происхождения.

Кроме перечисленных органических веществ, организм получает из окружающей среды **минеральные вещества и витамины**, которые входят в состав ферментов — катализаторов происходящих в организме процессов.

Проблемы питания. Одним из неблагоприятных наследий, доставшихся нам от далеких предков, является неполное соответствие при



приеме пищи чувства насыщения реальным потребностям организма. Отсюда переедание, излишняя масса тела, в том числе и у детей, и связанные с этим болезни. Древним людям, постоянно боровшимся за выживание, необходимо было есть с «запасом», поскольку они не знали, когда такая возможность представится вновь. Вероятно, с этим и связано запаздывание у нас чувства насыщения. В то время нежелательные последствия переедания компенсировались последующим голоданием. Сейчас нет необходимости есть впрок, но организм живет «по старым правилам», и потому многим людям требуется сознательное самоограничение.



Нормы потребляемой пищи рассчитываются по количеству потребляемой энергии. Считается, например, что для людей умственного труда, не занимающихся физкультурой, требуется около 2500—2700 калорий в сутки; лицам физического труда в зависимости от вида работ — от 3000 (токари,

фрезеровщики) до 3700 и даже 5000 калорий (лесорубы, землекопы и др.).

Дети ведут подвижный образ жизни, часть энергии у них тратится на рост, и их потребности в пересчете на единицу массы тела повышены. Так, детям 10 лет при массе тела 30—40 кг пищи требуется почти столько же, сколько и взрослому человеку, имеющему вдвое большую массу тела, — 2000—3000 калорий.

Раньше человек использовал для питания нерафинированные (франц. *raffiner* — очищать) продукты. Сейчас он употребляет в основном очищенные: муку высшего сорта, сахар, растительное масло (рис. 95) и т. п. Это также существенно увеличивает калорийность потребляемой пищи. При этом снижается поступление в организм ряда полезных веществ, которые имеются в естественных, необработанных продуктах.

В древности людям периодически приходилось вынужденно голодать. Организм к этому наследственно подготовлен. Следовательно, и для современного человека периодическое голодание было бы естественным. В некоторых случаях люди сознательно идут на временный отказ от пищи в оздоровительных целях. Благотворный эффект голодания известен давно. Еще Плутарх говорил, что вместо приема лекарств лучше поголодать день-два. У древних народов отказ от пищи считался способом самоочищения организма.

В настоящее время голодание широко используется в различных оздоровительных системах. Для детей го-



Рис. 95. Рафинированные продукты



лодание как способ оздоровления за-
прещено. Однако для снижения массы
тела у излишне полных детей порой
приходится прибегать к диетам, огра-
ничивающим калорийность питания.
При этом лечебный рацион обеспечи-
вает необходимое количество белков,
минеральных веществ и витаминов.

В последние десятилетия наблю-
дается тенденция к уменьшению в пи-
тании доли белков. Несколько десяти-
летий назад этот показатель для взрос-
лого человека оценивался в 120 г в
сутки, затем снизился до 100 г. В на-
стоящее время нормой считается су-
точное потребление белка в количе-
стве в 80—90 г.

Чрезмерное потребление белков
имеет негативные стороны. На их пере-
варивание затрачивается в несколько
раз больше энергии, чем на расще-
пление жиров и углеводов. Установле-
но, что переваривание белков усилива-
ет основной обмен на 30—40 %, жи-
ров — на 4—14 %, углеводов — на
4—7 %. Немаловажно также, что на
переработку белков в качестве фер-
ментов расходуется значительное ко-
личество витаминов. Потребление
белков в излишних количествах уско-
ряет процессы метаболизма, вызывая
преждевременное старение организма.
Современному взрослому человеку ре-
комендуется употреблять белки, жиры
и углеводы в соотношении 1 : 1,2 : 4.

*Полный или частичный отказ
от животных белков имеет место в

вегетарианстве. «Строгие» вегета-
рианцы совсем не едят пищи живот-
ного происхождения. Менее строгие
не едят говядины, рыбы и птицы,
но потребляют другие продукты жи-
вотного происхождения — молоко и
яйца. Вариантами вегетарианства и
ограничения в питании являются хри-
стианские посты. Люди становятся ве-
гетарианцами по разным причинам.
Многие полагают, что вегетариан-
ская диета здоровее других. И в этом
есть смысл. Немало лечебных диет
строится как раз на сокращении или
полном исключении из рациона продук-
тов животного происхождения. Кто-то
объясняет вегетарианство этическими
причинами: негуманно убивать живот-
ных ради еды. В пользу умеренного ве-
гетарианства говорит и представление
об экологических пирамидах (прави-
ло 10 %).

При переходе на вегетарианство
(полное или частичное) следует знать,
что полноценными могут быть только
животные белки. Растительные про-
дукты не способны обеспечить пол-
ный набор аминокислот. Нужно также
учитывать возможный дефицит витами-
на В₁₂, который содержится только в
продуктах животного происхождения.

В организации питания детей ве-
гетарианство не приемлемо. Растуще-
му организму необходимы полноцен-
ные белки. Их недостаток приводит
ко многим негативным последствиям,
в частности к задержке умственного
развития.*



Еще одна отличительная особенность питания наших далеких предков — потребление естественных продуктов первоначально в сыром виде, а позже — после частичной термической обработки. Сейчас ситуация в корне изменилась. Почти 100 % пищи подвергается действию высоких и очень высоких температур (жаренье, консервирование). При этом разрушаются многие витамины, минеральные элементы, появляются вредные вещества.

Сыроедение — одно из альтернативных направлений организации питания. Ведь именно сырая (натуральная) пища способствует повышению иммунитета, улучшает состав кишечной микрофлоры, усиливает перистальтику кишечника. Но и при традиционном питании свежие овощи и фрукты обязательны. Особенно они нужны в детском питании, потому что потребность в витаминах у растущего организма выше, чем у сформировавшегося.

Заболевания, связанные с пищей. Пища и напитки могут способствовать развитию болезней. Известно, что около 40 % летальных исходов в результате онкологических заболеваний связано с неправильным питанием или

приготовлением пищи. Обжаривание мяса на открытом огне, на сковороде в жире или на решетке может приводить к образованию канцерогенных веществ.

Пищевой рацион с большим количеством жира может вызывать избыточную секрецию желчи и развитие заболеваний печени и желчного пузыря, кишечника.

Избыток сахара в пище ведет к разрушению зубов и ожирению. Избыточная масса тела в свою очередь увеличивает риск заболевания сахарным диабетом, болезнями мочевого пузыря, гипертонией. Таким людям рекомендуется свести до минимума употребление сладостей и мучных изделий.

Алкоголь в пищевом рационе может быть причиной врожденных аномалий у потомства. Кроме того, употребление алкоголя увеличивает угрозу онкозаболеваний дыхательных путей и пищеварительного тракта.

Избыточное потребление соли может способствовать развитию гипертонии.

Таким образом, каждый человек, стремящийся сохранить свое здоровье, должен знать и стремиться выполнять правила здорового питания.



1. Каковы функции основных питательных веществ?
2. Как вы думаете, почему сейчас часто встречаются люди, страдающие ожирением?
3. В чем для организма человека состоит вред употребления избыточного количества белков?
- 4*. Что представляет собой вегетарианство? Каковы положительные и отрицательные стороны этой системы питания?
5. В чем заключается вред употребления алкоголя для организма человека?



*40. Пищевые добавки

Во многих пищевых продуктах, медикаментах и косметических средствах в небольших количествах содержатся различные искусственные добавки. Только к пищевым продуктам добавляют более 2000 самых разнообразных веществ. Это — красители, антизатвердители, консерванты, разрыхлители, эмульгаторы и др. В развитых странах таких веществ приходится до 4 кг в год на человека.

Многие добавки первоначально применялись без достаточной проверки и оказались опасными для здоровья человека. От их использования отказались. Например, заменитель сахара цикламат, который в 30 раз слаще сахара, применять запрещено, поскольку с ним связано возникновение злокачественных опухолей.

В то же время не ко всем добавкам следует относиться отрицательно. К одним продуктам (мука, молоко, маргарин) добавляют витамины. К другим (поваренная соль) — недостающие в окружающей среде йод или фтор.

Намеренно вводимые пищевые добавки. Посещение продовольственного магазина убедит любого человека в том, что много добавок используется для окрашивания, предохранения от порчи или иного «улучшения» пищевых продуктов. Эти добавки делятся на три основные группы.

Первая включает естественные вещества, такие, как сахар, соль и вита-

мин С. Ко второй группе относятся лабораторные аналоги природных веществ. Таков, например, ванилин — главный ароматический компонент экстракта из натуральных ванильных бобов. Третья группа — полностью синтетические или «изобретенные» в лаборатории вещества (например, сахарин).

Почему производители пищевых продуктов используют добавки? Во-первых, чтобы сделать продукт более привлекательным для потребителей. В пищевые продукты часто добавляют красители и ароматизаторы, чтобы можно было догадаться об их вкусе по запаху и внешнему виду (желтый цвет — для лимонного, розовый — для земляничного мороженого).

Газированный виноградный напиток кажется вкуснее, если у него яркая окраска. Точно так же кажется, что в мороженом больше сливок, если оно слегка желтоватого цвета. Никто ведь не станет покупать зеленые апельсины.

Около 30 % всех безалкогольных напитков содержит так называемые утвержденные красители. Это вещества, которые синтезированы или экстрагированы из нерастительных материалов и утверждены или проверены на чистоту. Еще 60 % напитков окрашены жженым сахаром (Cola), и только 10 % не окрашены совсем (лимонные напитки).



Красители и ароматизаторы используются также для замены дорогостоящих компонентов. Например, фруктовый сок часто отсутствует в искусственно окрашенных и ароматизированных безалкогольных напитках.

Во-вторых, применения определенных добавок требуют современные методы торговли продовольствием. Химикаты, уничтожающие плесень и сохраняющие пищу мягкой, позволяют перевозить, например, хлебобулочные изделия и конфеты на большие расстояния. После обработки эти продукты еще долгое время остаются свежими на вкус.

Антиоксиданты, предотвращающие прогоркание жиров, позволяют производить такие полуфабрикаты, как смеси для кексов. Фактически множество подобных продуктов не могли бы существовать без добавок, которые придают им вкус, цвет и способность длительно храниться.

Добавки позволяют производить более разнообразную пищу. Некоторые продукты нельзя сохранить без консервирования или заморозки, а добавки позволяют употреблять их круглогодично.

В-третьих, ряд фабричных пищевых продуктов содержат добавки витаминов и минеральных веществ. В некоторых случаях это требуется для замены ценных веществ, которые теряются при переработке. Например, белый хлеб обогащают тиамин и рибофлавин — витаминами, кото-

рые разлагаются при помоле пшеницы до муки. В других случаях витамины добавляют к широко используемым продуктам с целью улучшения их питательности. Например, каши для завтраков быстрого приготовления, не обладающие большой питательной ценностью, но употребляемые миллионами детей и взрослых во всем мире, обогащаются витаминами. Витамин С добавляют во многие напитки, молочные продукты.



Не так давно в некоторых газированных напитках было обнаружено канцерогенное вещество бензол. Его содержание в 5 и более раз превышало предельно допустимые нормы, утвержденные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Ученые занялись этой проблемой, и механизм образования бензола в бутылках был раскрыт. Оказалось, что бензоат натрия, используемый в качестве консерванта, взаимодействует с аскорбиновой кислотой (витамин С) с образованием бензола, воды и углекислого газа. Этому способствует хранение напитка на свету при повышенной температуре. Так, при +30 °С на свету содержание бензола в бутылках с газированными напитками достигало 82 мкг/л (при норме до 10 мкг/л).

Нитриты и метгемоглобин. В качестве консервантов продуктов питания используются **нитраты** и **нитриты**. Первоначально их добавляли к мясу и рыбе для предотвращения порчи, так как не было холодильников. Однако за долгие годы человечество привыкло к солоноватому вкусу, который эти добавки придают мясным изделиям. Таким образом, люди употребляют под-



Таблица 6

Предельно допустимые концентрации нитратов в растениях, используемых в пищу (мг/кг)	
Картофель	250
Огурцы, томаты	150
Свекла	1400
Лук (перо)	600
Салат листовой	2000
Капуста белокочанная	500—900
Морковь	250—400
Кабачки	400
Арбузы	90
Лук (репка)	80

соленное мясо не только потому, что оно хорошо сохраняется, но и потому, что им нравится такой вкус.

Сочетание нитрата натрия с нитритом натрия оказывает на мясные продукты тройное воздействие:

1) предотвращает рост бактерий, вызывающих порчу;

2) придает мясу характерную розовую окраску и

3) особый «консервный» вкус.

Однако было установлено, что нитриты не безвредные соединения. Гемоглобин крови, реагируя с нитритами, превращается в **метгемоглобин**. Метгемоглобин не способен переносить кислород. Когда 70 % гемоглобина таким образом инактивируется, наступает смерть от удушья. При меньшей доле метгемоглобина в крови могут возникать симптомы кислородного голодания — головокружение или одышка. По этой причине установлены пределы для количества нитритов, добавляемых к мясу или рыбе при консервировании.

Нитраты поступают в организм человека главным образом с овощами (табл. 6) и немного — с мясной пищей. Большие количества нитратов могут содержаться в свекле, баклажанах, редисе, сельдерее, салате, шпинате и др. Нитраты менее ядовиты, чем нитриты (не окисляют гемоглобин), но под воздействием бактерий могут превращаться в нитриты, если, например, вскрытую банку со шпинатом оставить вне холодильника.

Нитриты могут взаимодействовать с некоторыми аминами, тоже присутствующими в пище, с образованием **нитрозаминов** (канцерогенных веществ). Нитрозамины могут содержаться в воздухе, особенно в городах. Полагают, что они образуются из загрязняющих воздух оксидов азота. Нитрозамины известны также как компоненты табачного дыма и некоторых алкогольных напитков.

Природные токсины. Некоторые растения, а также грибы могут синтезировать токсичные вещества, видимо, для защиты от насекомых и других животных. Исследования показали, что очень многие из этих веществ обладают *канцерогенным, тератогенным* либо *мутагенным* действием. Кроме того, токсичные вещества образуются в пищевых продуктах естественным путем в период их хранения.



Микотоксины синтезируются плесневыми грибами, особенно при хранении во влажных условиях. Афлатоксины, вырабатываемые плесневым грибом *Aspergillus flavus*, — это потенциальные канцерогены, которые были обнаружены в рисе, арахисе, кукурузе, пшенице и других пищевых продуктах, привезенных из Азии, Африки, Северной и Южной Америки. Они оказывают токсическое действие на печень. В связи с этим нужно избегать продуктов, на которых появилась плесень. Нельзя давать заплесневелые корма животным.



Как распознать пищевые добавки?

В большинстве стран существуют правила, по которым на этикетках обязательно должны быть указаны сведения о составе продуктов, в том числе и о применявшихся в процессе их изготовления химических веществах. Последним (кроме ароматизаторов) присваивается специальный код с буквой «Е». Например, Е-210 — бензойная кислота, Е-211 — бензоат натрия, Е-212 — бензоат калия, Е-236 — муравьиная кислота (консер-

ванты), Е-300 — аскорбиновая кислота, Е-330 — лимонная кислота (подкислители). Коды ароматизаторов состоят только из цифр. Например, 621 — глютамат натрия.

Многие пищевые добавки запрещены для реализации в странах — членах Организации экономического сотрудничества и развития. Они имеют различные характеристики:

- Е-102, 110, 120, 124, 127 — **опасные**;
- Е-103, 105, 111, 121, 125, 126, 130, 152 — **запрещенные**;
- Е-104, 122, 141, 150, 171, 173, 180, 241 — **подозрительные**;
- Е-123 — **очень опасные**;
- Е-131, 142, 210, 211, 212, 213, 215, 216, 217, 240, 330 — **канцерогенные**;
- Е-311, 312, 313 — **вызывающие сыпь**;
- Е-250, 251 — **вызывающие изменение давления**;
- Е-221, 222, 223, 224, 226 — **вызывающие расстройство кишечника**;
- Е-338, 339, 340, 341, 407, 450, 461, 462, 463, 465, 466, 477 — **вызывающие расстройство желудка**;
- Е-320, 321, 322 — **вызывающие повышение уровня холестерина в крови**;
- Е-230, 231, 232, 238 — **вредные для кожи**.



1. С какой целью используют пищевые добавки? **2.** Чем опасно частое употребление газированных напитков? **3.** В чем заключается опасность попадания нитритов в организм человека? **4.** Почему нельзя употреблять в пищу заплесневелые продукты?*

41. Влияние биотических факторов на здоровье человека

Возбудители заболеваний. К наиболее важным биотическим факторам, которые влияют на здоровье человека, относятся патогенные живые организмы, вызывающие различные заболевания.

Согласно учению о природной очаговости инфекционных заболеваний, возбудители многих болезней существуют в природе в пределах определенной территории вне связи с людьми или домашними животными. Такие

заболевания называются *природно-очаговыми*. Чума, туляремия, клещевой энцефалит и сыпной тиф — примеры природно-очаговых заболеваний. Возбудители этих заболеваний непрерывно циркулируют среди диких животных, чаще грызунов и птиц. Например, возбудитель туляремии (острое инфекционное заболевание) может бесконечно долго передаваться из поколения в поколение в популяциях *норки*. При благоприятных условиях микроорганизм может поразить человека.

Для того чтобы осуществилось заражение животного или человека, часто необходим посредник — переносчик возбудителя болезни. Обычно это кровососы — клещи, комары, блохи. Те болезни, возбудители которых передаются через переносчика, называются *трансмиссивными*.



Клещевой энцефалит — вирусное заболевание, поражающее центральную нервную систему. Переносчики и хранители вируса — *иксодовые клещи* (рис. 96). В последнее время случаи заболевания клещевым энцефалитом наблюдаются и в Беларуси. Клещи начинают нападать ранней весной, после таяния снега. Как оказалось, вирус передается не только клещами. Получить его можно и через молоко домашних животных, укушенных клещом.

Существуют и такие природно-очаговые болезни, при которых передача возбудителя происходит без участия переносчика, контактным путем — при укусе животного (бешенство);

через воду (безжелтушный лептоспироз); с пищей (диерсениоз); воздушно-капельным путем (чума, орнитоз).



Случаи тяжелого инфекционного заболевания — бешенства — встречаются во всем мире. Переносчиками вируса являются дикие звери: *лисы, еноты, ласки, хорьки, енотовидные собаки, волки* и др. Инкубационный период длится от 30 до 90 дней. В случае проявления симптомов летальный исход составляет 100 %. Поэтому прививки от бешенства необходимо делать сразу после контакта с больным животным.

Люди и домашние животные могут заражаться возбудителями природно-очаговых заболеваний, попадая на территорию природного очага — в места обитания переносчиков и возбудителей.

Природные очаги инфекции связаны с определенными экосистемами. В этих экосистемах возбудители, переносчики и животные-хозяева существуют совместно, приспособливаясь друг



Рис. 96. *Иксодовый таежный клещ* — переносчик возбудителей клещевого энцефалита и боррелиоза



к другу. При этом возбудитель обычно не уничтожает хозяина. Подобный характер имеют природные очаги чумы, туляремии, малярии, вирусного гепатита, клещевого энцефалита.

Основная задача профилактики природно-очаговых заболеваний состоит в том, чтобы разорвать какое-либо звено цепи, по которой циркулирует инфекция. Этому способствуют общее оздоровление ландшафта, правильная обработка почвы и своевременная уборка урожая сельскохозяйственных культур, уничтожение мест скопления и размножения грызунов и других переносчиков болезней.

Эпидемии. В природе болезнетворные организмы играют важную роль, ограничивая численность популяций. Как только какая-либо популяция начинает резко увеличиваться, она атакуется вирусами, болезнетворными бактериями, протистами, грибами. Человеческая популяция не исключение. Из истории известно, что в древних и средневековых городах эпидемии были частыми гостями. Губительные эпидемии холеры, оспы, «черной смерти» — чумы опустошали города и страны, заметно замедляя рост численности населения.



Первая эпидемия чумы — юстинианская — в IV в. охватила Северную Африку, Сирию, Европу, Малую Азию. Она унесла жизни более 100 млн человек (более трети населения планеты того времени).

Вторая крупная эпидемия чумы пронеслась над Европой в XIV в. и уничтожила более

25 млн человек — почти половину населения Европы. На о. Кипр не осталось в живых никого.

Факторами, которые способствовали возникновению эпидемий, были высокая плотность населения (прежде всего в городах) и катастрофически плохое санитарное состояние. Такие условия благоприятствовали возникновению и распространению болезней. Чума, природными носителями которой являются грызуны, а переносчиками — блохи, передавалась людям через «домашних» обитателей. Среди людей болезнь распространялась уже не только блохами, но и воздушно-капельным путем или во время непосредственного контакта с больным. В то время чума приводила практически к 100-процентному летальному исходу. Те, кого болезнь обходила стороной, покидали города. Плотность популяции людей уменьшалась, эпидемия шла на спад, и восстанавливалось относительное равновесие.

Благодаря развитию в XVII—XIX вв. медицины и гигиены вероятность возникновения эпидемий снизилась. Сейчас плотность популяции людей, особенно в городах, вновь сильно возросла. Поэтому биотические факторы время от времени дают о себе знать — периодически наблюдаются вспышки туляремии, холеры, гепатита. Не ликвидированы очаги малярии, энцефалита, растет число венерических заболеваний.



В последние десятилетия проявила себя еще одна серьезнейшая инфекционная болезнь — синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД). Создалась опасность, что новая болезнь, часто именуемая «чумой XX века», станет существенным фактором, который может повлиять на демографические процессы.

Исследования эпидемиологов, паразитологов, медиков свидетельствуют, что сегодня в результате антропогенных изменений природной среды наблюдается рост инфекционных заболеваний, увеличивается вероятность возникновения неожиданных эпидемиологических ситуаций.

Влияние биотических факторов через продукты питания. Живые организмы могут оказывать воздействие на человека посредством вырабатываемых в их организме ядовитых веществ, которые попадают в продукты питания. Например, в средние века было распространено заболевание эрготизм, вызываемое токсинами, которые содержатся в рожках (склероциях) гриба спорыньи (рис. 97). Этот гриб паразитирует на злаках, при этом в колосьях вместо зерен образуются рожки спорыньи. При эрготизме у человека повреждается гладкая и поперечно-полосатая мускулатура. Было установлено, что токсины склероциев спорыньи относительно нестойкие и при хранении зерна в течение 2—3 лет разрушаются. Сегодня эрготизм — болезнь слабораз-



Рис. 97. Рожки спорыньи

витых стран. Последняя его вспышка произошла в конце XX в. во время голода в Эфиопии. В развитых странах, где зерно хранится на протяжении нескольких лет и только потом идет на помол, заболеваний эрготизмом практически не наблюдается.

Интродукция как биотический фактор. Непредсказуемые и, порой, тяжелые последствия для человека может иметь необоснованная **интродукция новых видов**. Интродукция — это переселение какого-либо вида за пределы его естественного ареала и внедрение в местные экосистемы. Например, в 1965 г. в Бразилию с целью выведения новых перспективных гибридов были завезены *африканские пчелы*, которые оказались намного агрессивнее местных. Случайно несколько семей попали в природу (одичали) и начали широко расселяться, истребляя местных пчел или скрещиваясь с ними. Тогда от укусов пчел в Бразилии погибло несколько сотен человек, были уничтожены десятки тысяч домашних животных.



1. В чем заключается негативное влияние живых организмов на человека?
2. Какие заболевания называются природно-очаговыми? Каковы меры профилактики этих заболеваний?
3. Чем характеризуются трансмиссивные заболевания?
4. Каковы причины возникновения эпидемий?
5. К каким последствиям может приводить интродукция?

42. Влияние антропогенных факторов на здоровье человека. Ядохимикаты. Минеральные удобрения

Основные антропогенные факторы. Негативное влияние деятельности человека на его собственное здоровье огромно. Ядохимикаты и бытовая химия, тяжелые металлы и пластмассы, наркотики и табак, шум и электромагнитные поля, радиация и кислотные дожди, биологическое и химическое оружие, промышленные отходы — все это и многое другое порождается человеком.

Человек изучил влияние на свой организм только нескольких групп созданных им факторов, так или иначе загрязняющих окружающую среду. Сегодня к ним принадлежат: **химические** — пестициды (ядохимикаты), минеральные удобрения, тяжелые металлы, сильнодействующие ядовитые промышленные вещества, дым (в том числе табачный), строительные материалы и бытовая химия; **физические** — шум, вибрация, электромагнитное излучение и радиация.

Сегодня известно много химических веществ, которые не разрушаются на протяжении длительного времени и способны накапливаться в цепях питания. Некоторые из них по-

долгу не выводятся из организма, аккумулируясь в тканях и органах. Это влечет за собой постепенное увеличение их концентрации и усиление негативного влияния (так называемый *кумулятивный эффект*).

Контроль за состоянием окружающей среды. Основным методом контроля за чистотой окружающей среды — это оценка содержания в ней определенных вредных веществ относительно предельно допустимых концентраций и доз как в биотопах, так и на определенных уровнях трофических цепей.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — это концентрация вредного вещества в окружающей среде, содержание которого при воздействии на людей, живущих в данной местности круглосуточно и в течение всей жизни, не может вызвать заболеваний (обнаруживаемых современными методами исследования) как в настоящее время, так и в отдаленном будущем. Обычно ПДК отражает критический диапазон какого-либо фактора, за пределами которого человек из зоны оптимума или нормы попадает в зону пессимума (угнетения).



*В последние годы отрицательное влияние атмосферных загрязнений на здоровье людей стало особенно значительным. Это связано с изменением путей поступления чужеродных веществ — **ксенобиотиков** (греч. *xénos* — чужой, *bios* — жизнь) — в организм человека. На всем протяжении эволюции животного мира главными воротами их проникновения в организм был желудочно-кишечный тракт. Сформировались и соответствующие механизмы обезвреживания чужеродных веществ: защитную функцию взяла на себя печень. Она обеспечивала сохранение постоянства внутренней среды организма. Сегодня ситуация коренным образом изменилась — равная, если не большая доля ксенобиотиков поступает в организм через органы дыхания, не имеющие химического заслона. По этой причине организм человека значительно чувствительнее реагирует на проникновение в него токсических веществ через легкие, чем через желудочно-кишечный тракт. Это обстоятельство учитывается при определении ПДК загрязнителей воздуха и воды.*



Так, среднесуточная ПДК хлорида водорода в воздухе городов составляет $0,2 \text{ мг/м}^3$, оксида азота(IV) — $0,085$, оксида серы(IV) — $0,05$, аммиака — $0,2$, нитробензола — $0,08$, озона — $0,03$, ртути металлической, свинца и его соединений — $0,0003 \text{ мг/м}^3$.

Предельно допустимая доза (ПДД) — это максимальное количе-

ство вредного агента, проникновение которого в организм живых организмов (через дыхание, пищу и т. п.) еще не оказывает пагубного влияния. Обычно устанавливается единовременная ПДД и ПДД за определенный промежуток времени (час, сутки и т. д.).

Разработку ПДК и ПДД осуществляют специализированные научно-исследовательские организации. Превышение ПДК и ПДД всегда сопровождается ухудшением популяционного здоровья населения.

В последнее время при определении ПДК учитывается не только степень влияния загрязнителей на здоровье человека, но и их воздействие на диких животных, растения, грибы, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

Исследования влияния канцерогенных веществ и ионизирующей радиации на живые организмы показали, что не существует нижних безопасных пределов, а следовательно, и ПДК для них. Любое превышение природных фонов по этим факторам опасно для живых организмов.

Ядохимикаты, или пестициды, составляют большую группу веществ, применяемых для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений.

В соответствии с назначением ядохимикаты подразделяются на несколько групп. **Инсектициды** используются для борьбы с насекомыми-вредителями. **Бактерициды** направлены на уни-



чтожение возбудителей бактериальных заболеваний. **Фунгициды** — противогрибковые препараты. **Зооциды** используются для уничтожения грызунов, **нематоциды** — против круглых червей. С помощью **гербицидов** ведется борьба с сорняками. Многие препараты имеют комплексное действие: например, с помощью ядохимиката ДДТ уничтожали и насекомых, и червей, и грызунов.

Промышленность вырабатывает несколько групп ядохимикатов. Наиболее широко используются фосфорорганические соединения, карбаматы (на основе карбаминовой кислоты) и медьсодержащие фунгициды. Производство и применение хлорорганических, ртутьорганических и нитрофенольных ядохимикатов, широко используемых с середины XX в., в настоящее время из-за высокой токсичности в большинстве стран мира запрещено.

*Наиболее известным хлорорганическим пестицидом является **инсектицид ДДТ** (дихлордифенилтрихлорметилметан). Инсектицидные свойства этого вещества установил швейцарский химик П. Мюллер, за что и получил Нобелевскую премию. В 1943 г. началось массовое производство этого препарата. Одна миллионная часть грамма ДДТ мгновенно парализовала насекомое. До середины 60-х гг. прошлого века в мире уже было произведено и распылено на полях около

1,5 млн т этого препарата. Применение ДДТ обеспечивало получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур и дало возможность осуществить «зеленую революцию» в странах Латинской Америки и Юго-Восточной Азии.

Однако уже в 50-х гг. появились данные о том, что многие насекомые утратили восприимчивость к ДДТ. Начали появляться сведения о гибели некоторых видов насекомоядных птиц, пчел и креветок, об уменьшении эффективности опыления цветковых растений. ДДТ в повышенных дозах начали выявлять в тканях промысловых рыб, особенно макрели, употребление которой в пищу приводило к тяжелым отравлениям людей. Повышенное содержание препарата было обнаружено в печени пингвинов и даже в женском молоке. Оказалось, что ДДТ является химически устойчивым соединением с периодом полураспада 49 лет. Он способен накапливаться в почве и воде, и поступать оттуда в цепи питания (рис. 98). На каждом трофическом уровне его концентрация возрастала в десятки, сотни и даже тысячи раз. Попадая в таких дозах к последнему консументу трофических цепей — человеку, ДДТ накапливался в тканях и вызывал заболевания нервной системы, сердца, печени. Таким образом, было установлено, что ДДТ — токсичный долгоживущий пестицид с выраженным кумулятивным эффектом. Из-за опасности для здо-



Рис. 98. Миграция ДДТ в экологических цепях

рования человека использование этого пестицида было запрещено во всех странах мира. Однако даже в настоящее время в некоторых регионах мира содержание ДДТ в тканях человека в среднем в 2 раза превышает ПДК.*

Действующим веществом некоторых гербицидов является **диоксин**. Диоксины — наиболее опасные из загрязнителей окружающей среды, появившихся в результате деятельности человека.



В молекуле диоксина два бензольных кольца, каждое из которых содержит по два атома хлора, соединенных между собой двумя атомами кислорода. Простая и совершенная форма. Эта формула принадлежит самому токсичному из всех искусственных ве-



ществ, действие которого сильнее кураре, стрихнина, цианидов, запрещенных сегодня отравляющих веществ: зарина, зомана, табуна, V-газов. Диоксины — чрезвычайно устойчивые вещества. Они с угрожающей скоростью накапливаются в окружающей среде, переносятся воздушными потоками на большие расстояния, представляя собой угрозу живым организмам планеты.

*Фосфорорганические пестициды тормозят работу ферментов. При этом нарушаются функции всех внутренних органов. Отравление сопровождается головной болью, слабостью, иногда рвотой. В тяжелых случаях наблюдается потеря сознания, повреждаются почки, печень, сердце.

Медьсодержащие препараты накапливаются в почве, частично в плодах, и могут попадать в организм человека. Медь вызывает общее отравление. Симптомы отравления — металлический привкус во рту, увеличение слюноотделения, рвота. При высоких концентрациях наблюдается распад эритроцитов, появляются симптомы желтухи, возрастает вероятность смертельного исхода.

Таким образом, отравления пестицидами и продуктами их трансформации в экосистемах являются основными

проявлениями возвратного влияния антропогенных факторов на человека.*

Минеральные удобрения принадлежат к основным загрязнителям окружающей среды. Сегодня промышленность выпускает несколько сотен наименований азотных, фосфорных, калийных и комбинированных удобрений. Ежегодно они вносятся в почву десятками миллионов тонн. Растения усваивают не более 40 % этой массы, а остальная часть попадает в водоемы. Питьевая вода, загрязненная минеральными удобрениями (в первую очередь, азотными), стала обычным явлением во многих регионах мира.

Кроме того, высокие концентрации удобрений в почве вызывают их повышенное накопление в растениях и, соответственно, в продуктах питания, которые попадают к нам на стол. Нитратные отравления как питьевой водой, так и «переудобренными» фруктами и овощами сегодня часто встречаются во многих районах мира.



Легкое отравление наступает при концентрациях нитратов от 300 мг/л у взрослых людей и от 100 мг/л у детей. Оно сопровождается вялостью и общей слабостью.

При концентрации нитратов около 1 г на 1 л воды или на 1 кг пищи наступает острое отравление. Оно сопровождается тошнотой, рвотой, поносом, болью в груди. Летальная доза нитратов для человека примерно 2,5 г.



1. Какие факторы называются антропогенными? Перечислите важнейшие из них.
2. Объясните значение понятия «кумулятивный эффект».
3. Какими свойствами должны обладать пестициды? Перечислите основные группы



используемых в сельском хозяйстве пестицидов. 4. В чем заключается главная опасность пестицидов для здоровья человека? 5. Что является критерием оценки чистоты окружающей среды? 6. В чем заключается опасность применения удобрений для здоровья человека?

43. Тяжелые металлы. Сильнодействующие отравляющие промышленные вещества

Тяжелые металлы. Отравление ими занимает третье место после отравлений пестицидами и нитратами. Тяжелые металлы — ртуть, свинец, цинк, марганец, хром, никель — используются человеком с давних времен. Об опасных свойствах некоторых из них, особенно «живого серебра» — **ртути**, было известно еще в начале второго тысячелетия. Признаки ртутного отравления наблюдались у работников фабрик головных уборов (в процессе изготовления фетра шерсть вымачивали в нитрате ртути), у шахтеров ртутных шахт, у полицейских (они использовали ртутные красители для снятия отпечатков пальцев).



В 1953 г. ртутью отравились 202 жителя японского местечка Минамата, 52 из них умерли. Причиной отравления стало употребление крабов, в тканях которых оказалось высокое содержание ртути. Она накапливалась в теле крабов из воды залива, загрязненной стоками химического завода, использовавшего хлорную ртуть как катализатор. Концентрация ртути в воде залива была в 4—30 тыс. раз выше, чем в открытом океане. При этом концентрация ртути в почках умерших людей была в 6 раз выше, чем в теле крабов. Таким образом, были впервые выявлены кумулятивные свойства тяжелых металлов.

Во второй половине XX в. появились первые данные о ртутных отравлениях, связанных с непосредственным контактом с этим металлом. Ртуть в природе не дезактивируется. Она накапливается в почве и водоемах, далее мигрирует по пищевым цепям, постепенно концентрируясь, как и ДДТ.

Причиной отравлений может быть **свинец**. Болезнь, связанная с отравлением свинцом, называется сатурнизмом. Свинец, попадая в организм, вызывает денатурацию (разрушение естественной структуры) белков, что влечет за собой нарушение ферментативной активности. Отравление свинцом вызывает снижение содержания гемоглобина в крови в результате разрушения эритроцитов. У больных сатурнизмом появляются слабость, апатия, нарушается память, наблюдается прогрессирующая физическая и умственная деградация.



Сведения о свинцовых отравлениях известны еще с тех времен, когда из свинца изготавливали водопроводные трубы. Такой водопровод действовал в Древнем Риме (в это время продолжительность жизни римских патрициев не превышала 25 лет). Сегодня, вероятно, нигде в мире нет свинцовых



водопроводов, однако число случаев заболевания сатурнизмом возрастает. Свинец выбрасывается в атмосферу в составе выхлопных газов автомобилей (тетраэтилсвинец добавляется в бензин в качестве антидетонатора). Значительная часть его накапливается в почве, особенно вблизи автомобильных дорог. В придорожной полосе на расстоянии до 100 м от шоссе содержание свинца может достигать 100—150 мкг/кг почвы, в то время как его нормальное содержание в литосфере составляет не более 10 мкг/кг. Из почвы свинец попадает в цепи питания. Загрязнение биосферы свинцом иллюстрирует такой факт: содержание свинца в костях древних людей составляло всего 2 мг, в то время как у современного человека — 100—200 мг.

Другие тяжелые металлы, подобно ртути и свинцу, также оказывают токсическое действие на организм человека. Они способны накапливаться в его организме, имеют продолжительное действие и выводятся из круговорота веществ только в случае вымывания в Мировой океан и захоронения в донных отложениях.

Сильнодействующие отравляющие промышленные вещества

(СОПВ) и *дым* стали постоянными спутниками современного человека (рис. 99). Повреждения хранилищ, пожары, взрывы, аварийные выбросы, которые случаются на промышленных предприятиях, катастрофы на морском и железнодорожном транспорте приводят к отравлению множества людей. Наиболее часто встречаются отравления хлором, аммиаком, испарениями различных кислот, сероводородом, углеводородами и меркаптанами.

Вследствие отравления **хлором** развиваются астматический бронхит, токсическое воспаление легких, спазмы голосовых связок.

Отравление **аммиаком** вызывает все известные заболевания — ларингит, трахеит, трахеобронхит.

Легкие отравления **парами кислот** (серной, соляной, азотной, уксусной и др.) приводят к поражению дыхательных путей, вызывают ожоги кожи, долго незаживающие раны.

При высоких концентрациях СОПВ возможен летальный исход.

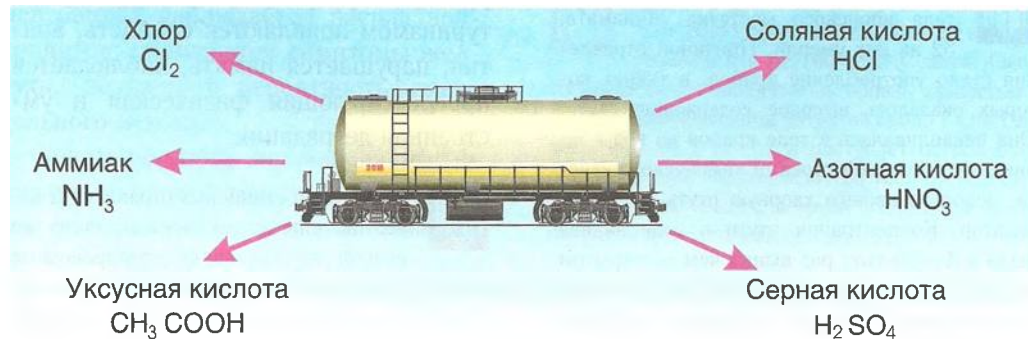


Рис. 99. Сильнодействующие отравляющие вещества



Рис. 100. Смог над городом

Кислотные отравления могут вызываться **смогом** — токсическим туманом, состоящим из пылевых частиц и капель влаги (рис. 100). В атмосферу вместе с дымом и газовыми промышленными выбросами попадает оксид азота(IV). Он взаимодействует с парами воды, углекислым газом и кислородом. В результате образуются азотная кислота, альдегиды, специфические нитратные соединения, которые и вызывают отравления.

Еще один источник СОПВ — это выхлопные газы автомобилей. Набор отравляющих веществ в них огромен: угарный газ, тетраэтилсвинец, оксиды азота и серы, альдегиды, бензопирен и др. Всего более 200 наименований. Длительное воздействие выхлопных газов на человека увеличивает частоту

заболеваний бронхитом, острыми респираторными заболеваниями, пневмонией, способствует возникновению различных опухолей.*

Табачный дым — распространенный и крайне опасный фактор, который оказывает влияние на здоровье человека. Курильщик вдыхает воздух, уровень загрязнения которого в 384 тыс. раз превышает ПДК. По оценкам медиков, вдыхать табачный дым в 4 раза вреднее, чем газ из выхлопной трубы автомобиля.

Необходимо учитывать также, что в последние десятилетия табак стал намного токсичнее, чем был, например, в XIX в. Это обусловлено высокой гигроскопичностью табачного листа, который активно поглощает из воздуха вредные примеси, число которых постоянно возрастает.

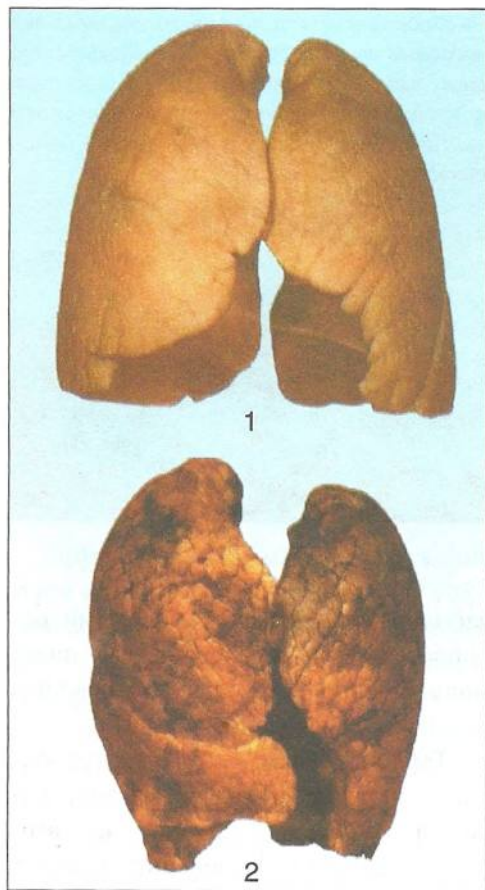


Рис. 101. Легкие некурящего человека (1) и курильщика (2)



Ежегодно на Земле от болезней, связанных с курением, умирает 1,5 млн человек (рис. 101). Только в США, где в начале 90-х гг. прошлого века курило приблизительно 29 % взрослого населения, от болезней, вызванных этой вредной привычкой, умирали 390 тыс. человек ежегодно. А затраты на лечение заболеваний, связанных с курением, в совокупности с вынужденным отсутствием больных на производстве, составляли от 50 до 100 млн долларов ежегодно. Поэтому в на-

стоящее время многие фирмы не принимают на работу курящих.

Особенно вредно курение для женского организма. Как показали исследования американских медиков, 80 % обследованных женщин, которые выкуривали 26 и более сигарет в день на протяжении 20 лет, умирали от заболеваний сердца. Даже выкуривание 1—4 сигарет в день в 12,4 раза повышает риск возникновения различных заболеваний. Абсолютно недопустимо курение беременных женщин. В 100 % случаев курение приводит к нарушениям развития плода, рождению недоношенных, нежизнеспособных или с различными отклонениями детей.

Вовлечению молодежи в ряды курильщиков способствует яркая зарубежная реклама, которая в развитых странах давно запрещена. Там вообще сегодня курить стало немодно. Курение рассматривается как признак необразованности, ограниченности, бескультуры.

Строительные материалы и бытовая химия. Источник постоянного вредного воздействия на здоровье человека — это вещи и материалы, которые окружают его в быту. Лаки, краски, органические растворители, синтетические моющие средства, освежители воздуха, аэрозоли, многочисленные полимерные материалы — все это сказывается на уровне заболеваний человека.

Среди веществ, которые выделяются строительными материалами, наибольшую угрозу представляют формальдегид и асбест. **Формальдегид** попадает в воздух преимущественно из древесностружечных и древесноволокнистых плит (ДСП и ДВП), которые



широко используются в изготовлении мебели и отделке помещений. ПДК формальдегида в воздухе — 0,1—0,12 мг/м³. Концентрация его в современных квартирах достигает приблизительно 0,5 мг/м³, а в отдельных случаях 3 мг/м³. Формальдегид вызывает конъюнктивиты, воспаления кожи, заболевания органов дыхания, обладает канцерогенными свойствами.

Асбест используется как изоляционный и противопожарный материал, входит в состав асбестоцементных труб. В виде микрочастичек (диаметром около 5 мкм) он попадает в воздух, а затем в легкие, вызывая целый «букет» заболеваний, в том числе онкологических.

Разнообразные **органические растворители, лаки и краски, дезодоранты и аэрозоли** обладают слабо- и

среднетоксическими свойствами. Они способны вызывать аллергические реакции, раздражение слизистых оболочек, заболевания дыхательных путей, печени и почек, нервные расстройства. Особенно это касается **метиленхлорида** и **тетрахлорэтилена**, которые входят в состав многих растворителей и освежителей воздуха. Даже из хлорированной горячей воды в небольших количествах выделяется канцероген **хлороформ**. Из пластмассовых изделий и искусственных покрытий также выделяются токсичные для организма человека соединения.

Именно поэтому в настоящее время самыми популярными строительными материалами и бытовыми изделиями и веществами считаются не синтетические, а изготовленные из природного сырья.



1. Дайте характеристику воздействия на организм человека некоторых загрязнителей окружающей среды (ртути, свинца, хлора, аммиака, бензопирена, формальдегида). **2.** Что представляет собой смог? Как он образуется? **3.** В чем заключается опасность курения для здоровья человека? **4.** Какие отравляющие вещества содержат выхлопные газы автомобилей?

44. Шумовое загрязнение. Вибрация

Шум и его источники. Шум как физический фактор представляет собой волнообразно распространяющееся механическое колебательное движение упругой среды, носящее, как правило, беспорядочный, случайный характер. Характер производственного шума зависит от вида его источника:

механический — работа различных механизмов;

ударный —ковка, клепка и др.;

аэродинамический — движение воздуха по трубам или различные процессы в газах;

взрывной — работа двигателей внутреннего сгорания.



Интенсивность звука измеряется в децибелах (дБ). Порог чувствительности слухового анализатора человека к звукам — 0 дБ, звуки интенсивностью выше 130 дБ вызывают ощущение боли.

Уровень шума оценивается уровнем звукового давления и выражается в децибелах (дБ) по логарифмической шкале (шум в 100 дБ в 10 раз сильнее, чем шум в 90 дБ).

По сравнению с XIX в. уровень шума в современных городах вырос в 10 тыс. раз. Источниками шума являются транспорт, машины и механизмы, промышленные объекты, громкоговорящие устройства, лифты, телевизоры и радиоприемники, музыкальные инструменты, скопления людей и т. д. (рис. 102).



В 1851 г. анатом Альфонсо Корти открыл слуховой анализатор, которым мы и воспринимаем звук, — так называемый **кортиев орган**. Он находится в улитке внутреннего уха. Слыша звук, мы улавливаем две его характеристики: высоту (частоту) и громкость (интенсивность). Нижняя воспринимаемая частота — 16 Гц, а верхняя зависит от возраста: в юности это 20 кГц, в старости она понижается до 16 кГц.

С физиологической точки зрения различают *низкие*, *средние* и *высокие* звуки. Колебания охватывают большой диапазон частот: от 1 до 16 Гц — инфразвуковые, от 16 Гц до 20 кГц — звуковые и выше 20 кГц — ультразвуковые.

Шумы принято делить на *низкочастотные* (ниже 350 Гц), *среднечастотные* (от 350 до 800 Гц) и *высокочастотные* (выше 800 Гц). При малой частоте колебаний звук

воспринимается как низкий, при большой частоте — как высокий. Высокие звуки оказывают более неблагоприятное действие на слух и на весь организм человека, чем низкие. Поэтому и шум, в спектре которого преобладают высокие частоты, более вреден, чем низкочастотный шум.

Ущерб, который причиняет слуху сильный шум, зависит от спектра звуковых колебаний и их характера. В первую очередь человек начинает хуже слышать высокие звуки, а затем постепенно и низкие.

Влияние шума на здоровье человека. О вредном влиянии шума на здоровье человека было известно давно. Еще в XVI в. немецкий врач Парацельс считал, что шум вызывает глухоту и головную боль у шахтеров, мельников и чеканщиков. В средние века использовалось жестокое наказание звуками большого колокола. Приговоренный умирал в страшных муках от нестерпимой боли в ушах.

Сколько существуют войны, известно, что массовые боевые крики (например, клич «Ура!» татаро-монгольской орды, который трансформировался со временем в «Ура!»), а также барабанный бой угнетают противника. Во время второй мировой войны сирены самолетов-штурмовиков вводили ужас, желание убежать, скрыться. Теперь этим фактам найдено объяснение. Мощные звуки возбуждают человека, способствуют выбросу в кровь большого количества гормонов, прежде всего адреналина, вследствие чего возникает чувство опасности, страха.

Шумы оказывают вредное влияние на здоровье человека, снижают работоспособность, являются причиной заболеваний органов слуха (вплоть до полной глухоты), нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой систем.

Воздействие сильного шума может не только отрицательно влиять на слух, но и приводить к другим вредным последствиям — звону в ушах, головокружению, головной боли, усталости.

Шум в 100 дБ уже вызывает нервные расстройства, раздражительность. Если уровень шума превышает 110 дБ, сначала наступает шумовое «опьянение», которое часто сопровождается вспышками беспричинной агрессии или, наоборот, общей депрессии. Шум в 120 дБ приводит к необратимым повреждениям нервных окончаний слухового анализатора, негативно сказывается на сердце, нервной системе,



Рис. 102. Источники шума и уровень звукового давления



органах дыхания. Звуковое давление в 140 дБ вызывает нестерпимую физическую боль, а его продолжительное воздействие приводит к смерти.



Установлено, что в шумных цехах промышленных предприятий в 1,5—2 раза выше уровень заболеваний, чаще наблюдаются случаи временной потери трудоспособности, брак в работе, а производительность труда ниже на 50—60 %.

У лиц «шумных» профессий в 4 раза чаще развиваются заболевания желудка, намного чаще — глухота, на 30 % снижена производительность физического и на 60 % — умственного труда.

Шумы, которые генерируются радиоаппаратурой во время эстрадных концертов, могут достигать уровня 120—130 дБ. Особенно часто это наблюдается на концертах молодых начинающих групп, которые не имеют хорошей аппаратуры и звукооператоров. В подобных случаях реакция публики часто обусловлена не столько эмоциональным влиянием музыки, сколько физическим воздействием звукового давления высокого уровня.

Медики установили, что после рок-концертов, когда в зале генерируется шум в 120 дБ в первых рядах и 100—110 дБ — в остальных, у 10 % слушателей возникают необратимые повреждения внутреннего уха, а сами концерты заканчиваются всплеском агрессии, массовыми психозами, жестокими драками и погромами.

В промышленно развитых странах 20—30 % городских жителей стра-

дают от неврозов или заболеваний слухового аппарата. Люди пожилого возраста переносят шум намного тяжелее, чем молодежь. Считается, что шум является причиной преждевременного старения организма и сокращает продолжительность жизни на 8—12 лет.



Санитарно-допустимые нормы шума в жилой комнате днем — 40 дБ, ночью — до 30 дБ; в жилой зоне населенного пункта — 45—55 дБ. Наиболее чувствительны к действию шума лица старшего возраста. Так, в возрасте 27 лет на шум реагирует около 46 % людей, в возрасте 28—37 лет — 57 %, в возрасте 38—57 лет — 62 %, а в возрасте 58 лет и старше — 72 %.

Немаловажной проблемой любого крупного города с большим количеством транспорта и промышленности является высокий уровень шума, который, по данным ученых-экологов, доставляет жителям Европы немало хлопот. Например, свыше 75 % территории Москвы находится под воздействием акустической нагрузки, на 5—10 дБ превышающей норму (55 дБ — в дневное время и 45 дБ — в ночное). При этом в зонах повышенного шумового загрязнения проживают, по разным данным, 3—6 млн москвичей, которые вынуждены постоянно подвергаться шуму, равному 90—100 дБ днем и 70 дБ ночью.

И напротив, издавна известно о положительном влиянии на человека гармоничной, спокойной, мелодичной музыки, о целительном влиянии звуков природы. Это распространенные во всем мире колыбельные песни, тихая музыка во время лечебных сеансов (современная музыкальная терапия), пение птиц в парках и лесах, журчание ручейков, ласковый



шум леса, сада, морского прибоя. Прекрасные положительные эмоции дают прослушивания музыкальных произведений великих композиторов прошлого и современности, концертов флейтистов, скрипачей, гитаристов и саксофонистов.

Вибрация, которая возникает во время выполнения разнообразной работы (укладки бетона, пневмодробления пород или дорожного покрытия), вызывает вибрацию всего организма человека или отдельных его частей.

Продолжительное воздействие вибрации оказывает крайне негативное

влияние: повышается утомляемость, развивается вибрационная болезнь (например, у шахтеров-проходчиков), может даже возникнуть сотрясение мозга, произойти разрыв тканей, нарушение работы сердца и функций нервной системы.

Для снижения влияния вибрации на организм человека применяются коллективные и индивидуальные средства защиты: виброизолирующие кожухи для механизмов, упругие основы и опоры, виброгасильные рукавицы, прокладки и др.



1. Дайте характеристику шуму как физическому фактору окружающей среды. **2.** Каковы источники шумового загрязнения среды? **3.** В чем заключается воздействие шума на организм человека? **4.** К каким заболеваниям может привести постоянный чрезмерный шум? **5.** Предложите способы уменьшения влияния шума на организм человека.

45. Радиоактивное излучение и его воздействие на человека

Естественный радиационный фон планеты. На протяжении всей своей истории человек, как и все живые организмы, подвергается влиянию радиоактивного излучения. Оно приходит из космоса или от радиоактивных элементов, рассеянных в литосфере, гидросфере и атмосфере. Из курса физики вы знаете, что это излучение составляет **природный радиоактивный фон** (рис. 103). Сила экспозиционной дозы ионизирующего излучения природного радиоактивного фона в разных районах планеты составляет $(2,6—18,1) \cdot 10^{-5}$ Ки.



Наибольший вклад в эту дозу вносит радиоактивный газ **радон** (55 %), который выделяется из горных пород, строительных материалов, при сжигании каменного угля, природного газа и др. **Космические лучи** дают 15,5 % облучения. Третье место занимает **калий** — 12,5 %. Радиоактивный изотоп калия усваивается организмом вместе с его нерадиоактивными изотопами, необходимыми для жизнедеятельности организма. На другие источники (изотопы радия, свинца и др.) приходится 17 %.

Искусственные источники радиации. Среди искусственных источников радиации (см. рис. 103) первое место занимает медицинская аппара-

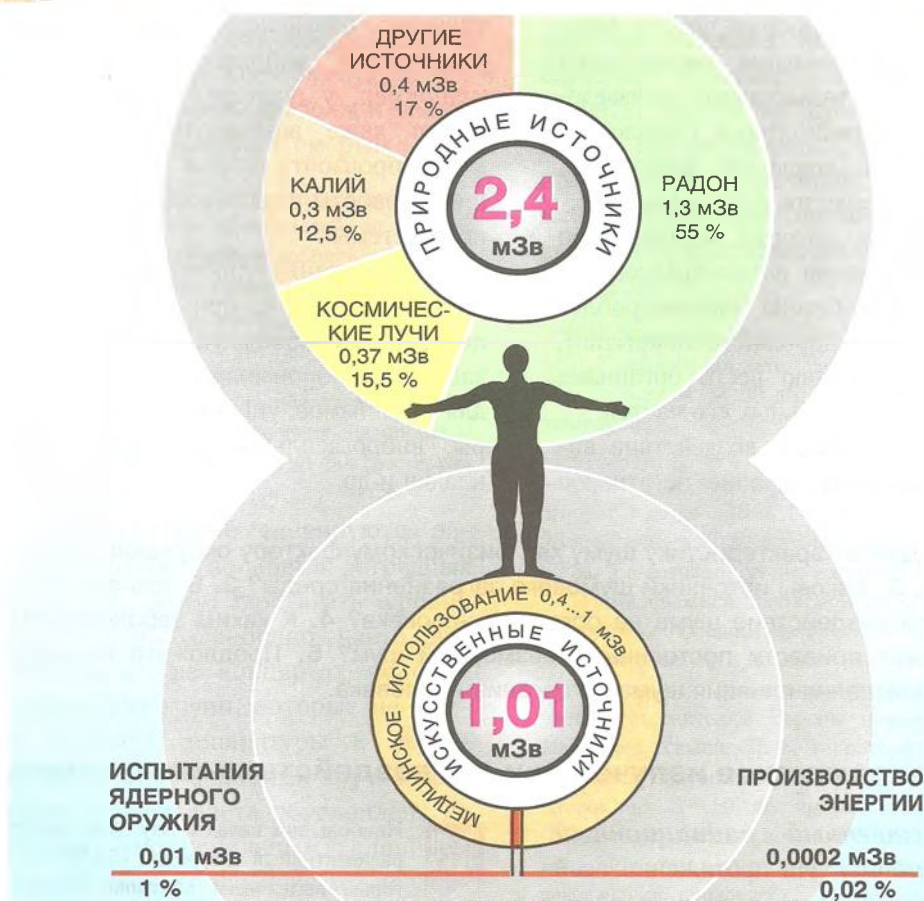


Рис. 103. Источники ионизирующих излучений

тура, использующая проникающее излучение для диагностики и лечения (например, рентгеновские аппараты). На нее приходится 98,9 % от суммарного влияния всех искусственных источников. Испытания ядерного оружия дают около 1 % радиоактивного загрязнения. Вклад атомной энергетики — 0,02 %. Среди других источников радиации можно отметить сжига-

ние каменного угля на тепловых электростанциях, радиолюминесцентные и электронные приборы, телевизоры. Возрастание уровня радиоактивного загрязнения планеты обусловило возникновение отдельной области биологии — радиационной биологии.

**Понятие о радиочувствительности. Чувствительность био-*



логических объектов к действию ионизирующих излучений называется **радиочувствительностью**, а устойчивость — **радиорезистентностью** (лат. *resisto* — сопротивляемость, противодействие).

Радиочувствительность разных организмов отличается в сотни и тысячи раз. Как правило, чем проще организм, тем меньше его радиочувствительность. Радиочувствительность растений в целом ниже, чем животных, но и среди растений есть очень чувствительные к радиации представители (например, *сосна*).*

Действие радиоактивного излучения на человека. Ионизирующая радиация имеет высокую биологическую активность. Она негативно

влияет на живые организмы, в том числе и на человека.

Ионизирующая радиация часто обладает большой энергией. При взаимодействии с веществами она способна ионизировать нейтральные атомы и молекулы. Это может привести к повреждению биологически значимых молекул. Причем степень повреждения определяется **дозовой нагрузкой** (табл. 7).

Ионизирующее излучение часто поражает носителей генетической информации — молекулы ДНК, вызывая различного рода мутации. Последствия таких мутаций проявляются сразу или через несколько поколений.

Мелкие нарушения структуры ДНК не приводят к заметным изменениям на клеточном уровне. Однако, если за-

Таблица 7. Соотношение фонового облучения с допустимыми и опасными уровнями облучения человека

Тяжелая степень лучевой болезни (погибает до 50 % облученных)	450 бэр
Нижний уровень развития легкой степени лучевой болезни	100 бэр
Облучение, приводящее к незначительным изменениям состава крови	75 бэр
Облучение при рентгеноскопии желудка (местное)	30 бэр
Допустимое аварийное облучение персонала (разовое)	25 бэр
Допустимое аварийное облучение населения (разовое)	10 бэр
Допустимое облучение персонала в нормальных условиях за год	5 бэр
Облучение при рентгенографии зубов	3 бэр
Допустимое облучение населения в нормальных условиях за год	500 мбэр
Фоновое облучение за год	100 мбэр
Просмотр 1 хоккейного матча по телевидению	1 мкбэр



трагиваются половые клетки, эти изменения могут передаваться потомкам, накапливаться в ряду поколений в виде мутаций. Более крупные повреждения (фрагментация хромосом, потеря участка хромосомы, слипание хромосом) могут приводить к гибели клетки.

Вероятность возникновения мутаций возрастает прямо пропорционально поглощенной дозе. Под воздействием природного радиоактивного фона частота генетических повреждений составляет приблизительно 4 %. В 1962—1965 гг. (период наиболее интенсивного проведения наземных ядерных испытаний) она составляла уже 5,5 %. В 1988 г. (через 2 года после аварии на ЧАЭС) частота генетических повреждений в отдельных регионах достигла 10 %.



Среди радиоактивных элементов наиболее активное участие в процессах обмена веществ в организме человека принимают **стронций-90** (^{90}Sr), **цезий-137** (^{137}Cs), **йод-131** (^{131}I). Эти элементы стали основными загрязнителями окружающей среды после аварии на ЧАЭС (они попадают в организм с пылью и водой). В определенной степени эти элементы обладают кумулятивными свойствами и способны к накоплению в цепях питания. У человека радиоактивный йод концентрируется в щитовидной железе, цезий — в печени, стронций — в костях. Йод-131 вызывает сильное, но кратковременное облучение. Он имеет короткий период полураспада и относительно быстро выводится из организма. Стронций, период полураспада которого составляет 28,5 года, вызывает облучение практически на протяжении всей жизни человека.

Ионизирующее излучение способно поражать клетки и ткани и вызывать соматические нарушения (ожоги, катаракты, снижение иммунитета, прерывание беременности, развитие различных опухолей).

В настоящее время известно, что не бывает безвредных доз радиации. Вероятность заболеваний, также как мутаций, возрастает прямо пропорционально поглощенной дозе облучения.

Соматические заболевания, связанные с ионизирующим излучением, подразделяются на несколько категорий в зависимости от поглощенной дозы (измеряется в греях — Гр, 1 Гр = 100 рад).

При дозе до 0,25 Гр вероятность радиационного поражения невелика. При дозе 0,25—0,5 Гр наблюдаются отдельные изменения формулы крови. При дозе 0,5—1 Гр возникают заболевания крови и нарушения функций центральной нервной системы.

Продолжительное облучение малыми дозами (0,001—0,005 Гр), которое в сумме составляет 1—1,5 Гр, приводит к хронической лучевой болезни, которая сопровождается заболеваниями органов кроветворения, нервной системы, почек, общей слабостью. Наиболее опасные заболевания связаны с интенсивным краткосрочным облучением дозами от 1 Гр и более. В этих случаях развивается острая лучевая болезнь, при которой повреждается прежде всего костный мозг, развивается

лейкемия, почти полностью утрачивается иммунитет. Если доза облучения составляет 4—6 Гр, в отдельных случаях человека можно

спасти. При более высоких дозах избежать летального исхода с помощью современных препаратов и методов лечения невозможно.



1. Каковы источники естественного радиоактивного излучения? 2. Из чего складывается искусственный радиационный фон? 3. Какие органы и ткани наиболее уязвимы по отношению к действию радиоактивного излучения? 4. Каковы последствия радиоактивного облучения организма человека?

46. Проникновение радионуклидов в организм человека. Способы уменьшения поступления радионуклидов

Внешнее и внутреннее облучение. Действие радиации на живой организм зависит от типа излучения (α , β , γ), его энергии (мощности) и длительности воздействия. Тип и энергия излучения определяют его проникающую способность, а следовательно, и степень опасности (рис. 104). В зависимости от расположения от-

носительно организма излучатели делятся на источники *внешнего* и *внутреннего* облучения.

*Альфа-частица способна «пробежать» в воздухе несколько сантиметров, но будет остановлена, например, листом бумаги, одеждой. Частицы данного вида излучения практически

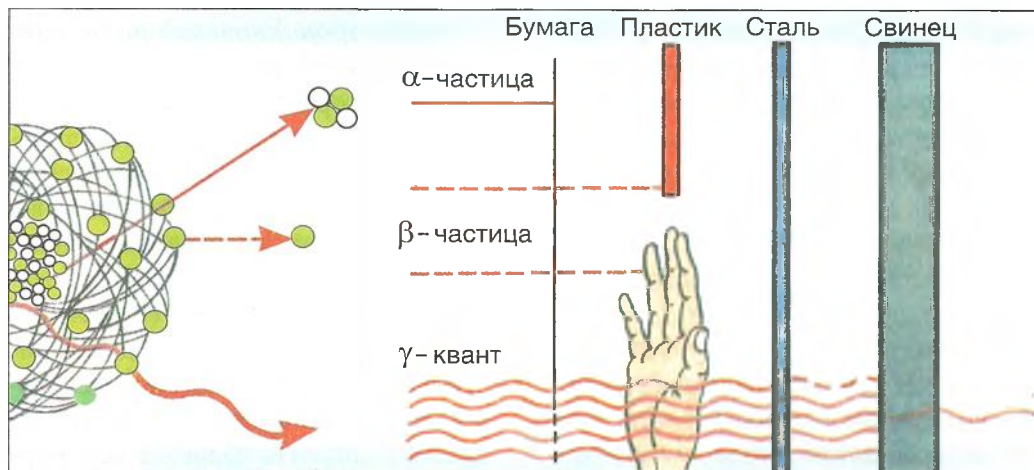


Рис. 104. Проникающая способность разных типов ионизирующего излучения



не способны пройти через наружный слой эпидермиса человека (отмершие клетки кожи) и как источник внешнего облучения не представляют опасности. Бета-излучение обладает чуть большей проникающей способностью, его частицы способны преодолевать в воздухе десятки метров, а в биологические ткани проникать на глубину 1—2 см. Наибольшей проникающей способностью обладает гамма-излучение, которое распространяется в воздухе на сотни метров от источника. Максимально ослабить это излучение можно только с помощью бетона и свинца (материалов, отличающихся большой плотностью). Гамма-излучение является самым опасным видом внешнего облучения.*

Практически все естественные и искусственные радионуклиды могут попадать в живые организмы с воздухом, водой и продуктами питания. В этом случае они становятся внутренними источниками облучения. Опасность радионуклидов, оказавшихся внутри организма, обусловлена рядом факторов.

Во-первых, степень радиационного воздействия радионуклидов зависит от времени их пребывания в организме. Периоды полураспада и полувыведения многих радионуклидов достаточно продолжительны, из-за чего организм подвергается облучению практически на протяжении всей жизни.

Во-вторых, для ряда радиоактивных элементов характерна высокая степень избирательного накопления в специализированных органах и тканях. Например, до 30 % изотопов йода накапливается в щитовидной железе, составляющей всего 0,03 % массы тела человека. Основная масса изотопов полония (^{210}Po) сосредоточена в тканях печени и почек. Таким образом, создаются сравнительно высокие дозы местного облучения.

В-третьих, важной особенностью является увеличение опасности воздействия α - и β -излучателей, которые из-за низкой проникающей способности α - и β -частиц не представляют опасности или малодейственны для внутренних тканей организма при внешнем облучении, но становятся сильнейшими источниками ионизирующей радиации при попадании внутрь организма.

Пути проникновения радионуклидов. Поступление радиоактивных веществ в организм человека происходит через пищеварительную, дыхательную системы и кожные покровы (рис. 105). Последний путь характерен для периода выпадения радиоактивных осадков, в случае, если имеются незащищенные участки кожи (особенно с повреждениями). Часть радионуклидов, находящихся в воздухе в виде аэрозолей или на пылевых частицах, попадает в организм человека через органы дыхания. При этом крупные частицы (более 5 мкм) оседают в по-

лости носоглотки и частично попадают в пищеварительный тракт. Очень мелкие частицы размером менее 1 мкм в основном (более 90 %) удаляются из воздухоносных путей с выдыхаемым воздухом. В легких и нижних отделах дыхательных путей оседают частицы аэрозолей размером от 1 до 5 мкм.



Через поверхность тела в организм поступает не более 0,01 % радионуклидов, еще около 1 % — через органы дыхания. Основная масса радионуклидов проникает через органы пищеварительной системы, причем с питьевой водой поступает 5 %, а остальные — с пищей.

*Радиоактивные вещества всасываются практически на всем протяжении желудочно-кишечного тракта (максимальное количество — в тонком кишечнике, минимальное — в желудке и двенадцатиперстной кишке). Интенсивность всасывания зависит от особенностей продукта питания, степени его загрязнения радионуклидами, физиологического состояния организма человека и некоторых других показателей.

Радиоактивные вещества с током крови разносятся по всему организму. Дальнейшая судьба вовлеченных в обмен веществ радионуклидов большей частью зависит от их химических свойств. Как правило, радионуклиды накапливаются в тех органах и тканях, в составе которых имеются стабильные элементы с аналогичными свойствами.

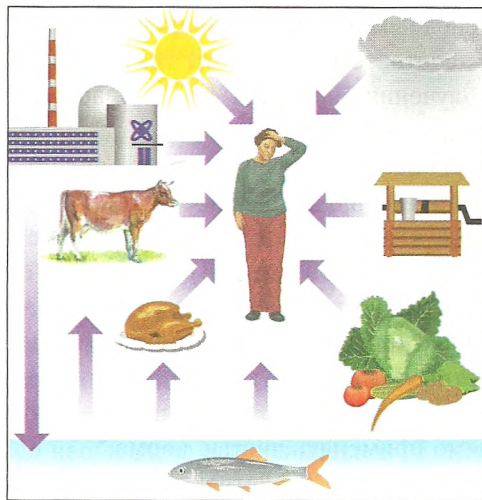


Рис. 105. Пути попадания радионуклидов в организм человека

Выделяются два основных типа распределения радиоактивных веществ в организме: скелетный и диффузный. *Скелетный* тип характерен в основном для радионуклидов щелочноземельных элементов, например для стронция (^{90}Sr). В минеральной части костей могут накапливаться изотопы бария, радия, плутония. *Диффузный* тип присущ изотопам щелочных элементов (калия, цезия), а также элементов, входящих в состав органических веществ (азота, водорода), полонию и некоторым другим.*

Способы уменьшения поступления радионуклидов в организм человека. Многие исследователи отмечают, что терапевтические способы выведения радионуклидов из организма малоэффективны. Следовательно,



основным способом защиты от них, а соответственно и от внутреннего облучения, является предотвращение их поступления в организм.

Наиболее эффективным является предотвращение поступления радионуклидов на этапах почва — растение и растение — животное. Главным источником поступления радиоактивных веществ в организм животных являются корма. Значит, для получения чистой продукции необходимо применять чистые корма.

Учитывая свойства почвы и степень ее загрязнения радионуклидами, путем подбора выращиваемых культур, а также способов использования урожая можно добиться многократного уменьшения радиоактивности продукции растениеводства.

Одним из основных способов уменьшения поступления радионуклидов на этапе почва — растение является **обработка почвы**.



Повышение плодородия почвы путем внесения органических и минеральных удобрений приводит к снижению радиоактивных веществ в урожае. Органические удобрения связывают радионуклиды, а калий и кальций минеральных удобрений являются естественными конкурентами цезия и стронция. Известкование способствует уменьшению подвижности кислоторастворимых соединений радионуклидов.

Не последнюю роль играют **биологические особенности растений**. Многие растения избирательно накапливают определенные элементы (на-

пример, *горох* и *люцерна* — стронций). Следовательно, необходимо осуществлять подбор растений для конкретных условий загрязнения. Кроме этого, необходимо создавать и вводить в культуру сорта растений, меньше накапливающие радионуклиды (различные сорта могут отличаться по накоплению радионуклидов в 2—3 раза).

Снизить радиоактивность пищевых продуктов можно путем **технологической переработки**. При помолоте зерна основная масса радионуклидов удаляется вместе с оболочкой (количество стронция при этом уменьшается в 1,5—3 раза). При переработке молока в сливки в них переходит только 5 % стронция. Это количество уменьшается еще почти в 3 раза при дальнейшей переработке сливок в масло. Существенно снижается содержание цезия при переработке молока в сметану (остается 9 %), сыр (10 %) и творог (21 %).

Конечно, желательно употреблять продукты, вообще не содержащие радиоактивных веществ. Однако полностью уберечься от попадания радионуклидов в условиях загрязнения местности невозможно. Поэтому следует знать особенности накопления и перераспределения наиболее опасных радионуклидов в растениях и животных и, соответственно, в продуктах питания.

Следует помнить, что цезий в организме животных распределяется до-



статочно равномерно, стронций накапливается преимущественно в костях. Цезия больше содержится в мясе старых животных, а стронция, наоборот, — в костях молодых особей. Наибольшая концентрация радионуклидов отмечается в почках, легких и печени, наименьшая — в сале и жире. Кроме того, установлено, что содержание радиоактивных веществ относительно ниже в свинине, чем в говядине, баранине, мясе уток, гусей и кур.

Высокая концентрация радионуклидов обнаруживается у придонных рыб (*лινь, сом, карась, карп*) и относительно низкая — у обитателей верхних слоев (*плотва, голавль*).

При сборе грибов, ягод и лекарственных растений на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению, необходимо соблюдать ряд правил.

Не рекомендуется заготавливать грибы при загрязнении почвы более 37 кБк/м², а лекарственные растения, ягоды, плоды — свыше 74 кБк/м² (приблизительно 2 Ки/км²). Эти величины соответствуют показаниям дозиметров 20 и 40 мкР/ч соответственно.



При сборе грибов необходимо учитывать, что они сильно отличаются друг от друга по способности накапливать ¹³⁷Cs. Поэтому грибы условно разделяются на 3 группы:

1) средненакапливающие — *подзельника, опенок осенний, белый гриб, подоси-*

новик, лисичка, шампиньон лесной, сыроежка, подберезовик;

2) сильнонакапливающие — *груздь черный, серушка, зеленка, решетник, волнушка розовая, груздь настоящий, рыжик;*

3) аккумуляторы ¹³⁷Cs — *моховик желто-бурый, польский гриб, горькушка, масленок.*

Одним из достаточно эффективных способов снижения количества радионуклидов в продуктах питания является **кулинарная обработка**.

Загрязненное радионуклидами мясо необходимо выдерживать в 10-процентном растворе поваренной соли на протяжении 2—4 ч. После 10-минутного кипячения отвар следует сливать. Это уменьшает содержание радионуклидов в мясе более чем в 2 раза. Целесообразно исключать из меню мясокостные бульоны, особенно кислые, так как стронций переходит в бульон преимущественно в кислой среде.

Необходимо удалять внутренности, сухожилия, головы рыбы и птиц. Рыбу следует употреблять в вареном виде, сливая отвар после 10-минутного кипячения. Жарить рыбу и варить из нее уху нежелательно.

При употреблении в пищу яиц необходимо учитывать, что радионуклиды (⁹⁰Sr) накапливаются в основном в скорлупе и при варке могут частично проникать в белок.

Корнеплоды следует тщательно мыть в проточной воде, срезать верхний слой на 3—5 мм, а с кочана капусты снимать 3—4 листа. При варке картофеля, свеклы, фасоли необходи-



мо сливать отвар после 10-минутного кипячения, поскольку в него экстрагируется 50—80 % ^{137}Cs .

Фрукты практически не накапливают радиоактивных веществ. Однако на

кожуре могут оседать пылевые частицы, в состав которых входят радионуклиды. Поэтому перед употреблением фрукты следует тщательно мыть проточной водой.



1. Какими путями радиоактивные вещества могут попасть в организм человека? 2. От чего зависит «поведение» радиоактивных веществ в организме? 3. Какие меры можно предпринять для предотвращения поступления радиоактивных веществ в организм? 4. Какими гигиеническими правилами необходимо руководствоваться для уменьшения поступления радионуклидов с продуктами питания? 5. Как можно снизить радиоактивность пищевых продуктов?

47. Снижение действия внешнего облучения.

Пути выведения радионуклидов из организма человека

Снижение действия внешнего облучения. Риск заболевания человека существует даже при облучении малыми дозами. Этот риск повышается при любом дополнительном облучении, которое приводит к возрастанию дозы, формируемой естественным радиационным фоном.

Работники атомной промышленности, радиотерапевты, ученые и технический персонал изотопных лабораторий подвергаются дополнительному облучению ионизирующей радиацией. Полностью устранить дополнительное воздействие излучения на рабочих местах невозможно, поэтому для профессионалов установлена **предельно допустимая доза**, равная 5 бэр/год. Для сотрудников этих предприятий, непосредственно не работающих на радиоактивных установках или с ра-

диоактивными веществами, она равна 0,5 бэр/год.

В идеале население должно подвергаться лишь действию естественного радиоактивного фона местности. Эксперты международных организаций считают, что дополнительное облучение дозой, превышающей естественный фон на 0,1 бэр/год, опасно для населения.



Расчетное значение дозы для жителя нашей планеты, усредненное по многим параметрам, равно 0,2 бэр/год. В действительности в разных частях Земли люди живут, подвергаясь как меньшим, так и большим уровням облучения. В индийском штате Керала, где проживают 70 тыс. жителей, уровень радиации в 50 раз выше, чем в среднем по стране. Во Франции, Иране и некоторых других странах есть густонаселенные районы, где естественный радиационный фон в 30—40 и более раз превышает среднее для всего земного шара значение.



Снижение действия внешнего облучения может достигаться тремя путями:

1) **увеличением расстояния** от источника излучения (доза излучения убывает обратно пропорционально квадрату расстояния);

2) **уменьшением времени пребывания** около источника;

3) **установкой экрана**, поглощающего излучение (бетонная стена, свинцовые экраны — при γ - и рентгеновском излучении).

Понятие о радиопротекторах. Несколько иные принципы используются при снижении действия радиации путем **противолучевой биологической защиты**. В этом случае само излучение не уменьшается, а повышается устойчивость организма к его действию. Факторы, уменьшающие последствия облучения в результате воздействия на организм до или в момент облучения, называются **радиопротекторными (радиозащитными)**, а вещества — **радиопротекторами**. Радиопротекторы применяются в медицине при лучевой терапии опухолей.

***Защита организма человека при нахождении на территории с высоким уровнем загрязнения радионуклидами.** В этом случае главное принять меры к уменьшению внешнего облучения (по возможности сократить время пребывания на открытом воздухе и использовать средства защиты от по-

падания в организм пылевых частиц). Дозу внутреннего облучения можно уменьшить прежде всего за счет снижения поступления в организм радионуклидов с продуктами питания и водой. Необходимо усилить выведение радиоактивных веществ из организма, а также увеличить поступление в организм нерадиоактивных элементов, являющихся естественными конкурентами радионуклидов в процессах метаболизма. Например, уменьшить опасность переоблучения щитовидной железы можно, принимая йодные препараты (таблетки йодистого калия и др.).

Особая ситуация складывается при выпадении радиоактивных осадков, образовавшихся в результате ядерного взрыва или аварии на ядерном устройстве. В этом случае организм подвергается одновременно мощному действию внешнего и внутреннего облучения. Тогда вступают в действие **комплексные мероприятия по радиационной защите населения**: оперативное информирование, эвакуация и отселение, меры против распространения загрязненных продуктов через торговую сеть, локализация радиоактивности, лечебные, защитные и оздоровительные мероприятия, дезактивация местности, социальная защита и др.*

Пути выведения радионуклидов из организма человека. Мы уже отмечали, что при внутреннем об-



лучении степень воздействия радионуклидов на органы и ткани человека зависит от времени их нахождения в организме. Время, за которое активность радионуклида, накопленного в организме, уменьшается вдвое (без учета распада самого радионуклида), называется **периодом биологического полувыведения** радиоактивного элемента из организма (табл. 8).

*Длительность периода биологического полувыведения зависит от метаболической активности ткани и свойств самих радионуклидов. Неко-

торые из них, включаясь в обменные процессы, могут в течение короткого промежутка времени вместе с продуктами метаболизма выводиться из организма. Изотоп водорода тритий, включаясь в водный обмен, выводится полностью за несколько недель. За несколько меньшее время выводится из мягких тканей организма радиоактивный углерод. Радионуклиды, накапливающиеся в костной ткани (как правило, они входят в минеральную часть кости), выводятся очень медленно. Поэтому они представляют значительную опасность, так как их

Таблица 8. Период полураспада и полувыведения некоторых радионуклидов из организма человека

Радионуклид	Место накопления	Период полураспада	Период полувыведения
^3H	Все тело	12,3 г.	12 сут
^{14}C	Все тело	5730 лет	10 сут
	Кости		40 сут
^{24}Na	Все тело	15 ч	11 сут
^{32}P	Все тело	14,3 сут	257 сут
	Кости		1155 сут
^{40}K	Все тело	11,4 ч	58 сут
^{90}Sr	Кости	28,5 г.	49,3 г.
^{131}I	Щитовидная железа	8,08 сут	138 сут
^{137}Cs	Все тело	30 лет	70 сут
^{210}Po	Все тело	138,4 сут	30 сут
^{226}Ra	Кости	1602 г.	44,9 г.
^{239}Pu	Кости	$2,4 \cdot 10^4$ лет	200 лет



количество может постоянно увеличиваться за счет поступления с продуктами питания. Период биологического полувыведения в значительной степени зависит и от интенсивности обмена веществ. Так, для человека период полувыведения ^{137}Cs в зависимости от возраста составляет от 30 суток у детей, до 90 — у пожилых людей.

В отличие от этого показателя величина периода полураспада, определяемая средним временем жизни ядер радиоактивных элементов, является строго постоянной, не зависящей от каких-либо факторов.

Время, в течение которого количество радионуклида в организме уменьшается в 2 раза за счет биологического выведения и распада, называется **эффективным периодом полувыведения**. Для короткоживущих радионуклидов он определяется главным образом временем полураспада радионуклида. Продолжительность эффективного периода полувыведения радионуклидов с большим периодом полураспада практически совпадает с биологическим периодом полувыведения.*

При случайном попадании в организм больших количеств радиоактивных веществ применяют защитные меры, препятствующие их отложению и ускоряющие выведение. Одной из таких мер является механическое удаление: промывание желудка и кишечника, введение адсорбентов радионук-

лидов. Затем применяется метод замещения или комплексообразования. Так, при попадании в организм стронция для его замещения используются препараты, содержащие кальций: глюконат кальция, хлористый кальций и т. д.

Существуют веские доказательства того, что правильно организованное питание способствует снижению повреждающего эффекта ионизирующих излучений и выведению радионуклидов из организма.

Для усиления выведения радиоактивных веществ из организма рекомендуется:

1) увеличить прием жидкостей, в том числе зеленого чая, настоев и отваров трав, обладающих легким мочегонным действием (*ромашки, зверобоя, бессмертника, тысячелистника, мяты, шиповника, укропа, тмина* и др.);

2) регулярно опорожнять кишечник, для чего в достаточном количестве употреблять продукты, содержащие клетчатку (хлеб из муки грубого помола, пшено, гречневую, перловую и овсяную каши, капусту, свеклу, морковь, чернослив), пить отвары *льна, крапивы, ревеня*;

3) связывать радионуклиды пектинами (пить соки с мякотью, морсы, компоты, есть яблоки, крыжовник, клюкву, сливы, абрикосы, персики, черную смородину, вишню, черешню, клубнику, дыню, цитрусовые, зефир, джемы, мармелад).



Однако следует учитывать, что при увеличении приема жидкости значительно увеличивается нагрузка на почки. А длительное употребление продуктов, содержащих большое количество пектиновых веществ, может привести к значительной потере организмом кальция, калия, магния, кобальта и т. д.

Для снижения повреждающего эффекта радиации рекомендуется обеспечить организм необходимым количе-

ством белка, микроэлементами, минеральными солями, а также витаминами (особенно А, С, Е). Эффективны при лучевых поражениях некоторые флавоноиды (природные пигменты, определяющие окраску растений), которыми богаты чай, плоды черники, вишни, черноплодной рябины, боярышника.

Повышают устойчивость к действию радиации растительные масла, рыба, орехи (особенно грецкие), семена тыквы, подсолнечника.



1. Чему равна предельно допустимая доза облучения для людей в населенном пункте? **2.** Каковы пути снижения действия внешнего облучения на организм человека? **3.** Что такое радиопротекторы? В каких случаях их применяют? **4*.** Что называется эффективным периодом полувыведения? **5.** Как уменьшить действие радиации при внутреннем облучении? **6.** Как правильно организовать питание для снижения повреждающего эффекта ионизирующих излучений и выведения радионуклидов из организма?



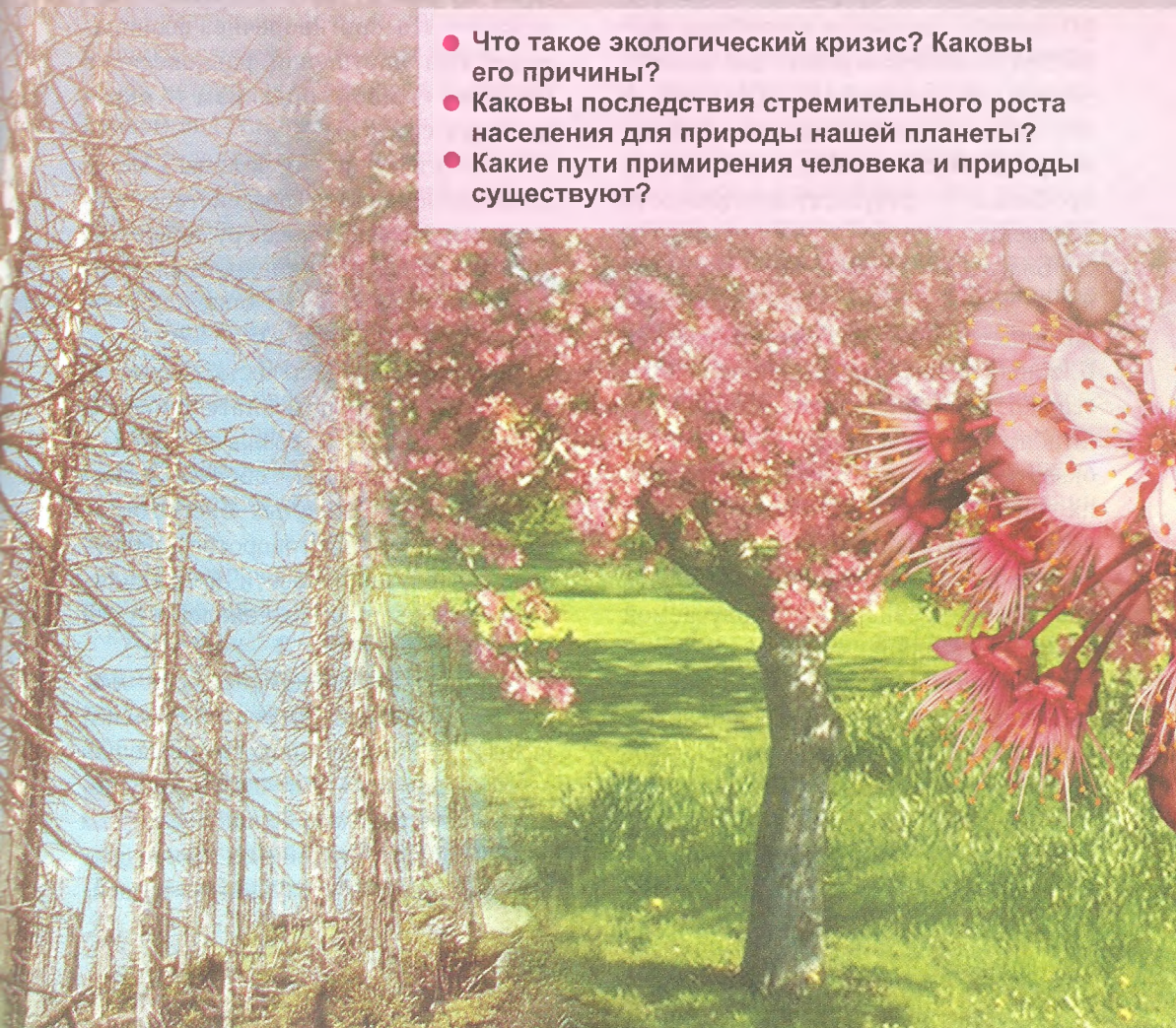
Глава 6

ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА

Глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно и которое не может являться объектом всеобщего улучшения: все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возвращено. Платежа по этому векселю нельзя избежать; он может быть только отсрочен.

Б. Коммонер

- Что такое экологический кризис? Каковы его причины?
- Каковы последствия стремительного роста населения для природы нашей планеты?
- Какие пути примирения человека и природы существуют?





48. Современный экологический кризис, его причины и тенденции

Понятие экологического кризиса. Конец XX — начало XXI вв. — чрезвычайно сложный, решающий период в истории человечества. Целый ряд негативных факторов угрожает существованию человека. Это прежде всего обострение до критического уровня взаимоотношений общества и биосферы, приведшее к ухудшению состояния природных экосистем, появлению новых для человечества заболеваний (СПИДа, птичьего гриппа), дефициту чистой воды и продовольствия. Все эти и другие проблемы — результат деятельности человека.

Благодаря техническим достижениям человек обладает сегодня невиданным ранее могуществом. Более 6 млрд наших современников оказывают на природу такое же (по масштабам) воздействие, какое могли оказать люди каменного века, если бы их численность составляла 50 млрд человек. Количество высвобождаемой человеком энергии скоро может стать сравнимой с энергией, получаемой Землей от Солнца.

Сегодня в повседневной жизни для характеристики создавшегося положения часто используются термины «экологические проблемы» и «экологический кризис». Что же они означают?

Проблема — сложный теоретический или практический вопрос,

требующий изучения и разрешения. Проблема возникает из противоречия. **Экологическая проблема** — это противоречие между деятельностью человека, направленной на удовлетворение своих потребностей, и связанным с его деятельностью разрушением природной среды. Другими словами, экологическая проблема — это противоречие, возникающее при нарушении равновесия в системе «живой организм ↔ окружающая среда».

Экологические проблемы могут быть *глобальными* (воздействие оказывается на всю биосферу планеты), *региональными* (на конкретный регион) и *локальными* (на определенную территорию, местность).

Известно, что количество веществ, образующихся в результате биологического синтеза и разлагающихся в биосфере, совпадает, образуя сложную систему замкнутых биогеохимических циклов (круговоротов). Нарушение этой цикличности и проявляется в биосфере в виде экологических кризисов.

Экологический кризис (греч. *krisis* — решение, поворотный пункт, исход) — это ситуация, возникающая в экосистемах в результате нарушения экологического равновесия под воздействием стихийных природных явлений или в результате воздей-



ствия антропогенных факторов. Когда виновником экологического кризиса является хозяйственная деятельность человека, говорят об антропогенном экологическом кризисе.

Экологический кризис характеризуется следующими негативными явлениями:

1) глобальным загрязнением окружающей среды;

2) глобальным потеплением, парниковым эффектом;

3) разрушением озонового экрана, возникновением «озоновых дыр»;

4) истощением ресурсов и загрязнением вод Мирового океана;

5) резким ростом числа ранее неизвестных и зачастую неизлечимых заболеваний;

6) недостатком продуктов питания, очагами голода на планете;

7) энергетическим кризисом;

8) истощением невозобновляемых минеральных ресурсов;

9) деградацией почвенного покрова и опустыниванием;

10) истреблением лесного покрова;

11) сокращением биологического разнообразия видов на Земле.

Причины и тенденции экологического кризиса. К развитию глобального экологического кризиса

привели два «взрыва» — **демографический и промышленно-энергетический**. Бурный рост численности населения Земли и интенсивное развитие промышленности вызвали в XX в. катастрофический рост потребления природных ресурсов и образования отходов. С экологическим кризисом тесно связан социально-экономический кризис.

Суть экологической угрозы заключается в том, что все возрастающее давление антропогенных факторов на биосферу может привести к полному разрыву естественных циклов воспроизводства биологических ресурсов, самоочищения почвы, воды и атмосферы. Это вызовет резкое и стремительное ухудшение экологической обстановки, что может повлечь за собой постепенное сокращение численности населения планеты. Уже сейчас экологи предупреждают о продолжающемся нарастании парникового эффекта, увеличении и перемещении «озоновых дыр», все более частом выпадении кислотных осадков и т. п. Перечисленные отрицательные тенденции в развитии биосферы постепенно приобретают глобальный характер и представляют угрозу для будущего человечества.



1. Объясните смысл понятий «экологическая проблема» и «экологический кризис». **2.** Какими негативными явлениями характеризуется экологический кризис? **3.** В чем состоят особенности современного глобального экологического кризиса?



*49. Взаимодействие человека и природы

Несколько миллионов лет тому назад в биосфере появилось новое живое существо — человек. В результате его деятельности в биосфере начали происходить процессы особенного, **антропогенного характера**.

Сотни тысяч лет назад, когда численность людей на Земле была сравнительно невысокой, а их интеллектуальный и технический потенциал достаточно слабым, природа практически не ощущала на себе давления человека.

Первобытные люди жили мелкими племенами охотников-собирателей. Они «кормились от земли», охотясь на диких животных и собирая семена, орехи, корни, ягоды и другую растительную пищу. Поселения людей были невелики и относительно недолговечны. Когда пищевые ресурсы территории истощались, люди были вынуждены откочевывать на новое место. Для относительно сытого существования требовались огромные угодья. Территория нынешней Франции, например, могла прокормить не более 20 тыс. человек. Первобытные охотники-собиратели во многом напоминали других всеядных консументов естественных экосистем.

Возникновение противоречий между человеком и природой. Для человеческого сообщества эпохи палеолита и мезолита характерным было приспособление к природе, уважение

к ней, преклонение перед ее силами и явлениями. В ту эпоху человек для своего существования использовал преимущественно силу своих мышц. Поэтому его влияние на окружающую среду было минимальным и практически не сказывалось на функционировании экосистем суши. На экосистему Мирового океана человек в то время вообще не оказывал влияния.

В начале неолита люди изобрели лук, копье и другие орудия, которые позволяли охотиться с большей эффективностью. Для охоты на диких зверей люди использовали огонь. За несколько тысячелетий были полностью уничтожены млекопитающие ледникового и межледникового периодов в Северной Америке и Евразии: *мастодонт, мамонт, шерстистый носорог, пещерный медведь*, некоторые виды *верблюдов и лошадей, гигантские ленивцы* и др. Исчерпался основной источник пищи древнего человека. Начался **первый глобальный экологический кризис**, связанный с деятельностью человека в биосфере. Этот кризис называется **кризисом консументов**. Ученые полагают, что первый экологический кризис, связанный с массовым уничтожением (перепромыслом) крупных животных мог произойти 10—50 тыс. лет тому назад (рис. 106).

Этот кризис вынудил человечество перейти от собирательства и охоты к

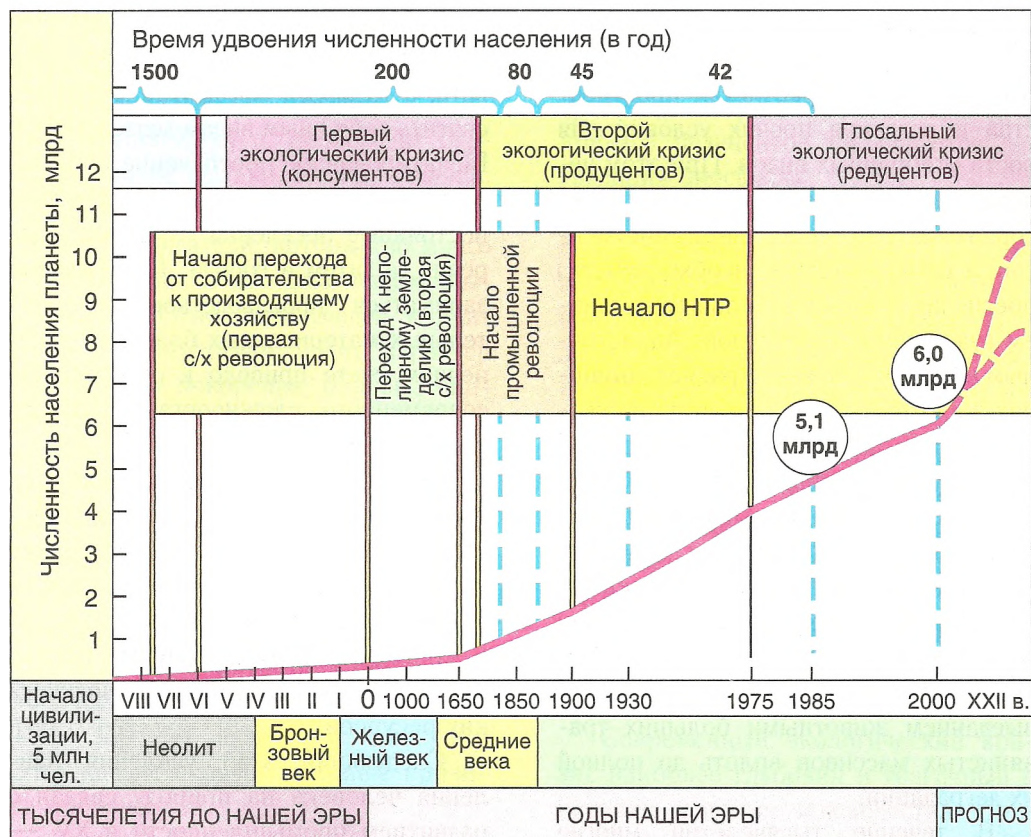


Рис. 106. Антропогенные экологические кризисы

земледелию и скотоводству. Возникло примитивное сельское хозяйство. Сменился тип хозяйства, что явилось событием глобальной значимости. От присваивающего хозяйственного уклада люди перешли к производящему.



Самые древние очаги земледелия были найдены в Передней и Малой Азии. Там в изобилии произрастал дикий ячмень — первое растение, ставшее «домашним». Здесь же были обнаружены самые древ-

ние из известных «городов» — скученные поселения, в которых жили многие десятки и даже сотни человек. Предгорья Малой Азии почти идеально подходят по природным условиям для примитивного земледелия: легкие, очень плодородные и устойчивые к истощению почвы, достаточное количество осадков, равномерно распределенное по сезонам. Постепенно земледельческие культуры распространялись все более широко. Одновременно усиливалось и воздействие человека на природу, ведь распашка земель разрушала естественные живые сообщества значительно эффективнее пожаров.



Земледелие, по сути дела, представляет собой процесс отбора дикорастущих видов, расчистки пространства и создания прочих условий для роста отобранных видов. При этом человек защищает их от конкуренции (с сорняками) и потенциальных консументов, а также (в случае необходимости) обеспечивает дополнительным питанием (удобрениями) и водой. Аналогичным образом человек охраняет домашних животных от хищников и снабжает кормами для оптимального роста и развития. Интенсивное развитие сельского хозяйства оказывало существенное влияние на природу, особенно тогда, когда для подготовки посевных площадей человек выжигал тысячи гектаров леса (поздний неолит). Развитие скотоводства сопровождалось выеданием животными больших травянистых массивов вплоть до полной их деградации.

В течение тысячелетий многие культурные растения и одомашненные животные существенно изменились в результате селекции и гибридизации и теперь сильно отличаются от своих диких предков, однако суть сельского хозяйства осталась неизменной.

Освоив земледелие и приручив животных, люди создали свою собственную, отличную от естественных, человеческую экосистему. Это стало важным поворотным пунктом в истории Земли. У людей появилась возможность более или менее стабильно обеспечивать себя пищей. Кроме того,

это позволило перейти к разделению труда. Одни продолжали крестьянствовать, в то время как другие могли посвятить себя иным видам деятельности. Гарантированное обеспечение пищей и разделение труда позволили создавать постоянные поселения — сначала деревни, а затем и города. Люди начали заниматься производством дополнительных материальных благ. Это в конечном счете привело к становлению современного сложноорганизованного человеческого общества.

С развитием земледелия и скотоводства связаны первые локальные и региональные экологические кризисы. Они были вызваны резким изменением микроклимата, состава и состояния флоры, фауны, почвы, уменьшением природных биологических ресурсов.

Следующий этап усиления давления человека на природу связан с развитием промышленности в XV — XVIII вв. В это время численность населения Земли была около 500 млн человек. Людями были достигнуты значительные успехи в строительстве, технике, химии, началось изучение и освоение Мирового океана.

Концентрация большого числа людей в городах сопровождалась активным уничтожением близлежащих лесов. Древесина шла на строительство, отопление, изготовление мебели и орудий труда, транспортных средств. Города постепенно становились районами экологического напряжения, и



процесс **урбанизации** (возникновения и роста городов) превратился в негативный экологический фактор.

С конца XVIII в. происходит бурное развитие физики, химии, техники. Человек изобретает паровой и электрический двигатели, которые во много раз увеличивают его физические возможности. Отношение людей к природе, ее богатствам носит характер «активного» покорения, борьбы, хищнического использования ее ресурсов с верой в то, что они неисчерпаемы. Бурное развитие производительных сил общества, вызвавшее широкое использование минеральных ресурсов, промышленную, а затем и научно-техническую революцию, считается началом **второго антропогенного экологического кризиса**. Он произошел 150—350 лет назад (см. рис. 106). Этот кризис получил название **кризиса продуцентов**.

Третий (современный) антропогенный экологический кризис обусловлен недопустимо высоким уровнем глобального загрязнения окружающей среды. Редуценты (разрушители) не успевают очищать биосферу от антропогенных продуктов или потенциально не способны это сделать в силу неприродного (искусственного) характера выбрасываемых

синтетических веществ. Поэтому этот кризис часто называют **кризисом редуцентов**. В результате наступления кризиса редуцентов наблюдается деградация биосферы.

Вопросы, связанные с современным экологическим кризисом, впервые обсуждались на первой Всемирной конференции по окружающей среде, которая проходила в Стокгольме в 1972 г. с участием представителей 113 государств.

На конференции впервые было сформулировано понятие **экоразвитие** — **экологически ориентированное социально-экономическое развитие**, при котором рост благосостояния людей не сопровождается ухудшением среды обитания и деградацией природных систем.

Современный экологический кризис наиболее глубокий и трагичный в истории развития человечества. Преодолеть его будет крайне тяжело. Он может привести к значительным миграциям людей, спровоцировать войны, другие социальные потрясения локального, регионального и даже глобального масштабов. Основными причинами такого сценария развития событий может стать борьба за овладение энергоресурсами, источниками пресной и питьевой воды и т. д.



1. Объясните особенности экологического кризиса на этапе присваивающего хозяйства.
2. Каковы причины и сущность кризиса примитивного земледелия?
3. В чем причина «кризиса продуцентов»?
4. Каковы основные причины возникновения «кризиса редуцентов»?*



50. Демографический взрыв и проблемы продовольственного обеспечения

Демографический взрыв. Современный этап развития человечества характеризуется ускоренным ростом численности населения. На протяжении многих тысячелетий число людей на планете увеличивалось достаточно медленно. Потребовалось несколько сотен тысяч лет, чтобы численность человеческой популяции к 1800 г. достигла 1 млрд человек. Однако далее темп роста народонаселения значительно ускорился. Следующий миллиард прибавился уже через 130 лет, третий — через 30, четвертый — через 15, пятый и шестой — всего за 12 лет каждый (рис. 107).



Десять тысяч лет назад население Земли составляло около 10 млн человек, к началу нашей эры численность населения стала 200 млн, к 1650 г. — 500 млн. На протяжении следующих 200 лет она увели-

чилась вдвое, достигнув 1 млрд, а в 1900 г. составила 1 млрд 660 млн. В 1950 г., несмотря на потери в двух мировых войнах, численность населения возросла до 2,5 млрд, а затем стала ежегодно увеличиваться на 70—100 млн. В 1975 г. на Земле проживало 4 млрд человек, а в 1993 г. — 5,5 млрд. 12 октября 1999 г. в 0 ч 02 мин в одном из родильных домов города Сараево родился мальчик, ставший 6-миллиардным жителем планеты.

Численность населения Земли сейчас такова, что если людей равномерно распределить на поверхности планеты, то расстояние между каждым человеком составит всего 300 м.

Рост населения Земли в середине XX в. приобрел стремительные темпы и получил название **демографического взрыва**. Резкое увеличение скорости роста народонаселения в первую очередь связано с изменением социально-экономических условий жизни.

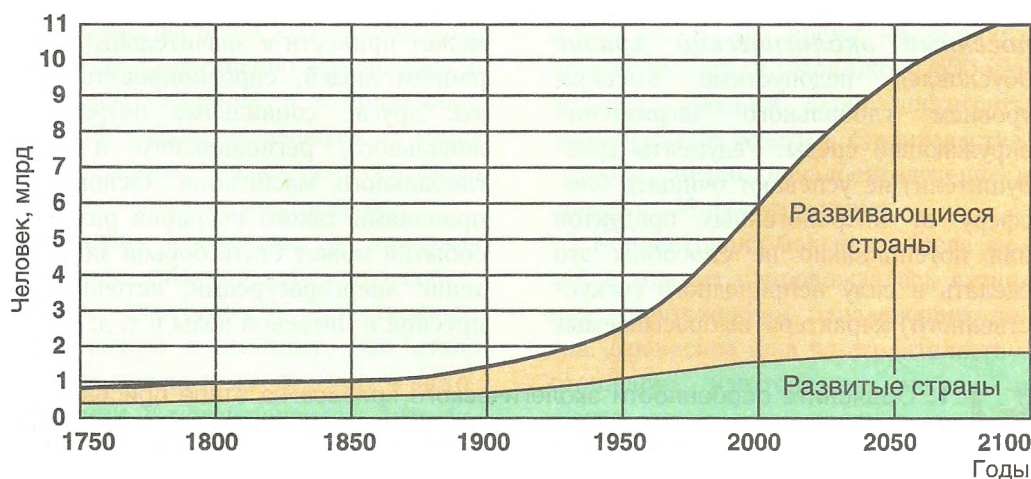


Рис. 107. Динамика численности народонаселения мира



В настоящее время на планете каждую минуту рождается примерно 260 человек, каждые 10 секунд рождается в среднем 44 и умирает 18 человек. Таким образом, прирост населения составляет около 225 тыс. человек ежедневно. Ежегодный прирост равен приблизительно 80—90 млн человек. При этом прирост населения на 88 % осуществляется за счет развивающихся стран (рис. 108). По прогнозам ожидается, что к 2050 г. землян будет около 9 млрд, а к 2100 г. — 13 млрд.

Специальные исследования показывают, что для поддержания нормального существования такого количества людей природных ресурсов Земли и возможностей биосферы будет недостаточно. Даже если количество населения составит 8 млрд человек, возможно значительное увеличение гибели людей от голода, недостатка пресной воды, болезней.

Неравномерность расселения. Жители Земли расселены на плане-

те неравномерно. В начале 1990-х гг. почти половина из 5,4 млрд жителей планеты занимала только 5 % площади ее поверхности. И наоборот, на половине площади Земли проживало только 5 % населения. На сегодняшний день около 30 % населения мира сосредоточено в странах Южной и Юго-Восточной Азии, включая Индию, Индонезию и Пакистан, 25 % — в Восточной Азии, включая Китай и Японию. Много людей проживает также на востоке Северной Америки и в Европе. Максимальный прирост населения наблюдается в развивающихся странах (наиболее бедных) и минимальный в развитых странах (см. рис. 108). Наиболее высок средний годовой прирост населения в Африке (2,9 %), в Латинской Америке и Юго-Восточной Азии — 1,8 %. Средний мировой прирост населения в 2005 г. составил 1,14 %.

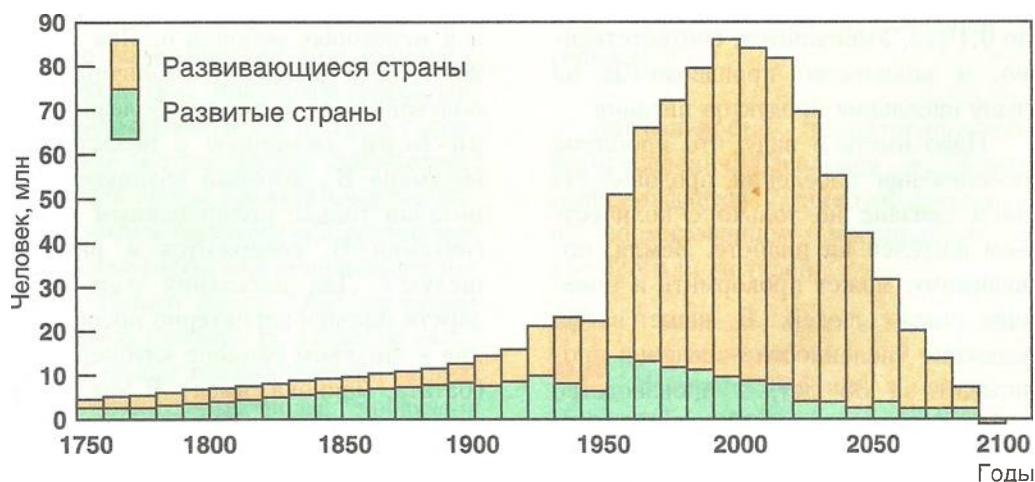


Рис. 108. Среднегодовой прирост населения Земли по десятилетиям



По данным ООН на 2006 г., пятерку самых многонаселенных стран мира составляют Китай (1,3 млрд), Индия (1,1 млрд), США (297 млн), Индонезия (223 млн) и Бразилия (181 млн). За ними следуют Пакистан (146 млн), Бангладеш (144 млн), Россия (142 млн) и Нигерия (138 млн).

Продовольственная проблема.

Неравномерное расселение людей на Земле сочетается с неравномерным распределением природных богатств, в первую очередь продуктов питания. Потребность в пище человек удовлетворяет главным образом за счет выращивания различных культурных растений и разведения домашних животных. Численность человечества растет, а количество пахотной земли, на которой выращивается необходимая сельскохозяйственная продукция, в расчете на душу населения уменьшается. Сегодня на каждого жителя планеты приходится в среднем по 0,28 га пахотной земли. К 2030 г. в связи с ростом населения эта цифра снизится до 0,19 га. Уменьшится, соответственно, и количество производимых на душу населения продуктов питания.

Надо иметь в виду, что проблема обеспечения населения продовольствием связана не только с количеством жителей на планете. Земля, по видимому, может прокормить и большее число людей. В наше время удвоение численности населения происходит за 35 лет, а производство пищи удваивается за 30 лет. Проблема заключается в том, что увеличение численности населения сопровождается

ся его аномальным территориальным распределением.

Регионы с проблемой хронического голода существуют там, где люди ежедневно потребляют меньше, чем им необходимо. Постоянное недоедание приводит к снижению умственных способностей и физическому истощению.



Сегодня в мире около 10 млн детей обречены на полуголодное существование, около 200 млн — питаются неполноценно, потребляя недоброкачественные продукты и воду.

Число голодающих на Земле в 1970 г. составляло 460 млн, в 1990 г. — 550 млн, а в настоящее время достигло 650 млн человек.

Причиной возникновения продовольственной проблемы является также доминирование одного-двух видов продуктов в питании населения. Это делает рацион однообразным и ведет к скрытым формам голода. Например, 70 % рациона жителей Южной и Юго-Восточной Азии составляет рис, а в некоторых районах о. Ява — до 90 %. Это вызывает различные заболевания, в частности болезнь бери-бери, связанную с недостатком витамина B_1 , который возникает при питании только полированным рисом (витамин B_1 содержится в рисовой шелухе). Для населения ряда государств Африки характерно преобладание в пищевом рационе клубнеплодов (батата, маниока, ямс). В них много углеводов, но мало белка.

Точно оценить число голодающих или недоедающих достаточно трудно.

Ведь люди обычно умирают не от голода как такового. Как правило, те, кто недоедает, чаще подвержены различным заболеваниям. Болезни у них протекают тяжелее и нередко имеют летальный исход. Известно, что тиф, холера, оспа, чума, грипп, туберкулез обычно поражают ослабленных от недоедания людей. Следовательно, регистрируются иные причины смерти, хотя в действительности каждая из них обусловлена именно недоеданием.

Урбанизация. Рост населения планеты сопровождается его концентрацией в городах (урбанизация) (рис. 109). Если в 1925 г. в городах проживало около $1/5$ населения мира, то сейчас — около половины. Прогнозируется, что к 2025 г. $2/3$ жителей планеты будут горожанами.

*Жизнь в городе имеет ряд преимуществ по сравнению с жизнью в сельской местности. В городе есть больше возможностей для полноценного развития, получения образования, поиска работы и т. д. Здесь сосредоточены театры, музеи, библиотеки. В городах лучше развита система медицинского и бытового обслуживания.

Однако городская цивилизация несет не только блага. Она оказывает негативное влияние на здоровье человека. В городе высока степень загрязнения атмосферы, воды, продуктов питания, предметов быта выбросами промышленных предприятий и транспорта. Городская среда — это элек-



Рис. 109. Современный город

ромагнитные поля, вибрация, шум, химизация быта, потоки избыточной информации, чрезмерное число контактов, эмоциональные перегрузки, гиподинамия, распространение вредных привычек. Загрязнение городской среды проявляется в росте аллергических, сердечно-сосудистых, легочных, онкологических заболеваний у горожан.*

Аномальность территориального распределения населения на Земле сопровождается гиперурбанизацией и формированием мегаполисов с 15—25 млн жителей.



В настоящее время в Токио, например, проживает 26,4 млн человек, в Мехико — 18,6 млн, в Пекине — 15,4 млн. По прогнозам экспертов ООН, к середине третьего тысячелетия из 60 мировых городов-гигантов 50 будут расположены в развивающихся странах. Наиболее крупны-



ми городами, по всей видимости, станут Токио (более 36 млн), Мумбаи (Бомбей — 22,6 млн), Нью-Дели (20,9 млн), Мехико (20,6 млн), Сан-Паулу (20 млн).

Сегодня около трети населения Земли проживает в городах-миллионерах (их число с 1950 по 1999 г. выросло в 4,5 раза). В развивающихся странах ежегодно в города переселяется около 80 млн человек. Сами

города-гиганты становятся огромными и опасными загрязнителями среды. Их существование ускоряет деградацию природы на прилегающих территориях. В городах-гигантах усложняется контроль и управление социальной и экономической сферами, состоянием окружающей среды, транспортом, водообеспечением и безопасностью жителей.



1. Раскройте смысл понятия «демографический взрыв». **2.** Каковы прогнозы роста населения Земли? **3.** Объясните причины демографического взрыва. **4.** Каковы последствия демографического взрыва? **5.** Каковы основные причины возникновения голода в некоторых регионах Земли? **6.** Что такое урбанизация? Каково влияние этого процесса на человека и биосферу? **7*.** Почему, несмотря на то что городская цивилизация несет не только блага, но и оказывает негативное влияние на здоровье человека, рост численности населения городов увеличивается?

*51. Причины роста населения Земли

Положение в развитых странах. Рождение и воспитание детей в семьях развитых стран сегодня связано главным образом с удовлетворением естественной психологической потребности. Это потребность отцовства и материнства, а также осознание того, что вы приносите радость близким людям — бабушкам и дедушкам, даря им внуков. Приносит удовлетворение мысль, что ваши материальные и духовные ценности не уйдут вместе с вами, а останутся детям. Все эти чувства, испытываемые родителями, никак не связаны с экономической выгодой. Удовлетворить

эти потребности можно, имея одного или двух детей, ведь их воспитание требует больших затрат.

В развитых и некоторых развивающихся странах многие родители имеют возможность выбора, как и какое образование дать своим детям. Они могут дать образование всем детям, разделив с этой целью доходы семьи между ними. Они могут предпочесть дать образование только одному из детей, как наиболее одаренному, продвигая его как можно выше по образовательной лестнице. Наконец, они могут не давать никакого образования своим детям.



В странах с достаточно развитой экономикой, где нет четкого расслоения людей на классы, родители часто предпочитают иметь 1—2 детей. Дети, достигнув определенного положения в обществе, оправдывают ожидания родителей, повышая престиж и благосостояние семьи. Кроме того, в большинстве развитых стран существуют законы, запрещающие родителям использовать труд своих несовершеннолетних детей, и законы, предписывающие детям обязательно посещать школу. Это также побуждает родителей ограничивать размер семьи, чтобы иметь возможность увеличивать свои доходы только за счет собственного труда.

Все эти и другие обстоятельства, наряду с доступностью разнообразных эффективных методов предупреждения беременности, привели к тому, что большинство семей в развитых странах, как правило, имеют одного или двоих детей.

Причины роста населения в развивающихся странах. Понять причину быстрого роста населения в развивающихся странах — это прежде всего понять, какое значение там придается детям. В развивающихся странах дети трудятся с малых лет, увеличивая доходы семьи и освобождая родителей от некоторых обязанностей. Это дает возможность взрослым переключиться на другую работу или просто немного отдохнуть. Младшие дети, помогая детям более старшего возраста, также частично

разгружают их. Если дети еще малы и не могут работать в поле или где-то еще, то они нянчат совсем маленьких братьев и сестер, а также выполняют определенную работу по дому.

Пастбищное скотоводство также требует значительных трудозатрат. Для относительно преуспевающего скотовладельца, чье стадо состоит, например, из 100—150 голов крупного рогатого скота, 100 овец и коз и нескольких ослов, необходимо иметь не менее шести помощников — пастухов в возрасте от 6 до 25 лет. Экономически выгодно, если это собственные дети.

В некоторых странах Африки, например в Буркина-Фасо и Судане, частная собственность на землю отсутствует. Человек может владеть урожаем, выращенным на участке земли, но самим участком он не владеет. Распределение же земли часто производится по числу членов семьи, способных ее обрабатывать. В сельских районах Африки рабочие руки всегда в дефиците. Поэтому более многочисленная семья, способная обработать больше земли, может стать богаче.

Кроме того, наличие большого числа детей дает родителям уверенность в более или менее обеспеченной старости, особенно в тех случаях, когда государство не берет на себя эту обязанность.

В бедных странах родители обычно не имеют возможности выбора об-



разования для своих детей. Средства семьи часто бывают столь ограниченными, что их не хватает на образование даже одного ребенка. Порой в местности, где проживает семья, нет даже школы. При таком положении единственным богатством, доступным семье, становятся сами дети.

На количество детей в семье, кроме всего этого, оказывают влияние вековые традиции, религиозные убеждения и уровень образованности.

Быстрый рост населения Земли за прошедшие 100 лет в целом обусловлен снижением общего коэффициента

смертности (отношения числа умерших за год к общей численности населения), особенно в развивающихся странах. Главными причинами этого являются:

1) улучшение питания в результате возросшего уровня производства продовольствия и более рационального его распределения;

2) снижение количества эпидемий и инфекционных заболеваний в связи с улучшением санитарно-гигиенической обстановки;

3) совершенствование медицинского обслуживания.



1. Каковы основные причины стремительного роста населения Земли?
2. Почему самые высокие темпы роста населения отмечаются в развивающихся странах?
3. Существует мнение, что рост численности населения в развивающихся странах тормозит прогресс цивилизации, поскольку эти страны не могут обеспечить развитие способностей своего подрастающего поколения. Как вы думаете, правомочна ли подобная точка зрения?
4. Предложите меры по ограничению темпов роста населения.*

52. Истощение природных ресурсов

Что такое природные ресурсы.

Для удовлетворения своих постоянно растущих потребностей и повышения комфортности существования человек развил до чрезвычайно высокого уровня энергетику, химическую, нефтеперерабатывающую, горную, металлургическую и легкую промышленность, машиностроение, транспорт, способы связи и другие отрасли.

Для обеспечения высокого уровня производственной деятельности чело-

веку необходимы различного рода ресурсы.

Что представляют собой ресурсы? Все объекты и явления природы, используемые человеком для прямого и непрямого потребления, называются природными ресурсами. Природные ресурсы используются в качестве:

1) источников энергии (солнечная и водная энергия, горючие ископаемые, атомное топливо);



2) средств труда, с помощью которых осуществляется производство (земля, водные пути, вода для орошения);

3) предметов труда (древесина, минералы);

4) непосредственных предметов потребления (живые организмы, кислород воздуха, питьевая вода).

Природные ресурсы делятся на *неисчерпаемые* (солнечная энергия, ветер, морские приливы, энергия текущей воды) и *исчерпаемые* (рис. 110).

Исчерпаемые природные ресурсы делятся на *исчерпаемые восстанавливаемые* (возобновимые), *исчерпаемые невозстанавливаемые* (невозобновимые) и относительно возобновимые.

К первой группе прежде всего относятся биологические ресурсы — растительный и животный мир, а также чистый воздух и пресная вода. Ко второй группе относится большинство полезных ископаемых — нефть, уголь, газ, руды и т. д. К третьей — почва.

Истощение природных ресурсов. Двадцатый век отличался высокими темпами потребления природных ресурсов. За годы, прошедшие после второй мировой войны, было использовано столько же минерального сырья, сколько за всю предыдущую историю человечества.



На протяжении всего периода средних веков и нового времени, вплоть до промышленной революции, минераль-

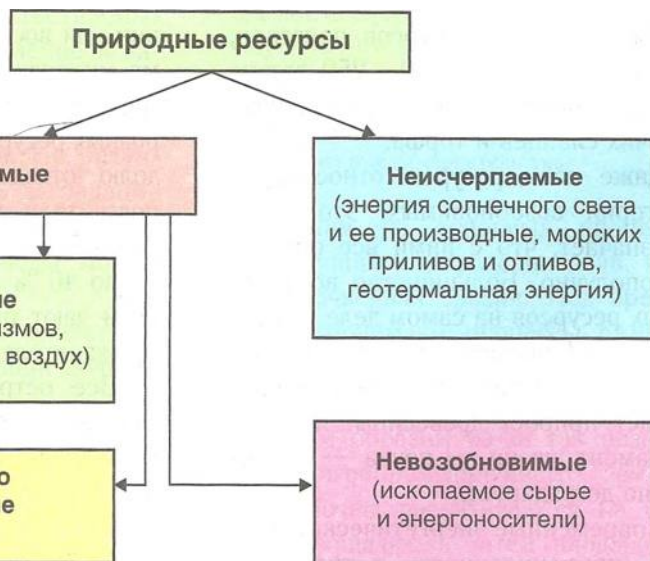


Рис. 110. Природные ресурсы



но-сырьевую базу человечества составляли в основном медь, железо, серебро, золото, олово, свинец, ртуть, а также поделочные и драгоценные камни.

В конце XIX — первой половине XX вв. минерально-сырьевая база претерпела существенные изменения. Это выразилось в увеличении объема и видов используемых минеральных ресурсов. Во второй половине XX в. широкое распространение получили многие новые рудные (алюминий, никель, хром, марганец, ванадий, вольфрам и т. д.) и нерудные (фосфатиды, калийные соли, алмазы и др.) полезные ископаемые.

Потребление минерального сырья на Земле возрастает в среднем на 5 % в год, что означает его удвоение через каждые 15 лет. Такие темпы потребления минеральных ресурсов приводят к их истощению: сокращению запасов и ухудшению качества.

*Изучение динамики потребления минеральных ресурсов показало, что примерно через 200—250 лет на Земле закончатся запасы нефти, угля, горючих сланцев и торфа.

Даже если ресурсы относятся к категории возобновимых, это вовсе не означает, что с ними все обстоит благополучно. Большинство возобновимых ресурсов на самом деле быстро убывает. Например, вырубка лесов в мировом масштабе значительно превышает прирост древесины. Главный фундамент жизни — почва — повсеместно деградирует.

Современные энергетические объекты, промышленность и транспорт потребляют столько кислорода, что

его хватило бы для дыхания 43 млрд человек. В случае сохранения темпов нынешних промышленных и энергетических технологий приблизительно за те же 200 лет будет израсходовано 2/3 запасов кислорода в атмосфере планеты. А ведь процессы его производства зелеными растениями вследствие уменьшения площади лесов, снижения биоразнообразия, биомассы и биопродуктивности в целом неуклонно замедляются.*

Миллиард наиболее бедных людей на планете имеют наибольшее количество детей и пополняют легионы бедняков и больных. В борьбе за выживание они вынуждены рубить леса, истреблять диких зверей, рыбу, птиц, выбирать до остатка ценные природные ресурсы, не заботясь об их сохранении или восстановлении. В то же время миллиард наиболее богатых людей мира потребляют большую часть природных ресурсов и производят львиную долю отходов. Европейские экологи подсчитали, что США, например, при 5 % мирового населения потребляют около 40 % природных ресурсов Земли и дают приблизительно 60 % всех загрязнителей на планете.

Все острее становится проблема **пресной воды**, 70 % которой идет на орошение. Причем примерно половина расходуется впустую, не достигая корневой системы растений.

Проблема усугубляется тем, что качество пресной воды постоянно



ухудшается. По данным ООН, более 250 млн человек употребляют питьевую воду низкого качества.



Если в начале XX в. промышленность потребляла всего 30 км³ воды в год, то к 1975 г. ее потребление возросло до 630 км³, а к 2015 г. оно достигнет примерно 2750 км³.

Подсчитано, что если промышленность будет использовать воду такими же темпами, как до настоящего времени, то к 2100 г. запасы пресной воды окончательно исчерпаются.

Среднестатистический житель Северной Америки потребляет в 70—75 раз воды больше, чем житель Центральной Америки или Аравийского полуострова.

Дегградация почвенного покрова и опустынивание. Под дегградацией почвенного покрова понимают истощение плодородия, эрозию и загрязнение почв, снижение биологической продуктивности естественных пастбищных угодий, засоление и заболачивание, отчуждение земель для нужд жилищного, промышленного и дорожного строительства. На рисунке 111 показана степень дегградации почв мира. Проанализируйте данные рисунка. Какие выводы можно сделать?

На сегодняшний день существует несколько причин дегградации почвенного покрова (рис. 112).

В настоящее время ежегодно в мире безвозвратно теряется в результате различных процессов дегградации около 7 млн га пахотных земель — база жизни для 21 млн человек.



Рис. 111. Степень дегградации почв



Лишь 1/10 часть всех земель планеты пригодна для сельского хозяйства. Так, в Европе на их долю приходится 36 %, в Центральной Америке — 25 %, в Северной Америке — 22 %. Меньше всего плодородных земель в Северной и Центральной Азии (10 %), Юго-Восточной Азии (14 %), Южной Америке и Австралии (по 15 %). Значительная часть этих земель, несмотря на то что их и так мало, ежегодно изымается из сельскохозяйственного оборота на нужды строительства.

Одним из основных процессов, приводящих к дегградации почв, является почвенная эрозия. Под **эрозией почвы** понимают процессы разрушения и сноса почвенного покрова потоками воды или ветра. Она происходит главным образом из-за так называемого «агропромышленного» земледелия. Почвы распахиваются на больших площадях, а затем плодородный слой выдувается ветром или смывается водой.

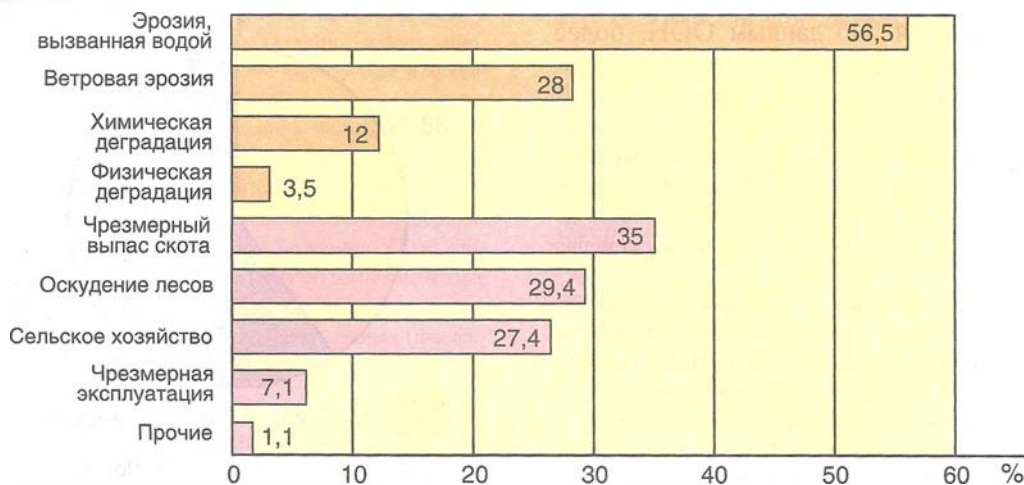


Рис. 112. Процессы деградации почв и их причины



К настоящему времени на Земле произошла потеря плодородной почвы на площади, приблизительно равной 152 млн га, или на 2/3 общей площади пахотной земли (15 % всей площади мировой суши). Из них около 6 % уничтожено водной эрозией, 28 % — ветровой, 12 % засолено при неправильном орошении, около 5 % — выведено из оборота в результате перехимизации и физической деструкции (вытаптывания скотом, разработки карьеров и др.).

Эрозия уносит самый плодородный слой почвы. В то время как Земля накапливает 1 см плодородной почвы в среднем за 300 лет, сегодня 1 см почвы погибает за 3 года. За последние десятилетия содержание гумуса в почве снизилось на 20 %.

Большой урон состоянию почвенного покрова Земли наносят процессы, связанные с опустыниванием. **Опустынивание** может быть обусловлено неправильным орошением (за-

болачивание и засоление), засухой, чрезмерным выпасом скота, деградацией почвы, вырубкой лесов и другими причинами.

Большой ущерб почвенному слою Земли наносит **засоление**, вызванное неправильной мелиорацией. Нерациональная ирригация (полив) приводит к тому, что сначала происходит подтопление и заболачивание почвы. Соли выходят на поверхность или вымываются водой, если дренажные системы не отводят воду.

Засоление территории происходит также за счет обогащения почвы различными солями — продуктами жизнедеятельности животных и человека, бытовыми и промышленными сточными водами, а также стоками с автострад, где каменная соль используется в составе песчано-соляной смеси для борьбы с гололедом.



1. Что такое природные ресурсы? Какова их роль в жизни и деятельности человека? 2. Приведите примеры исчерпаемых и неисчерпаемых природных ресурсов. 3. Какая взаимосвязь существует между степенью использования ресурсов и загрязнением окружающей среды? 4. Что такое деградация почв? Каковы ее причины? 5*. Докажите на примерах, что развитие цивилизации сопровождается постоянным ростом и расширением использования природных ресурсов.

53. Истребление лесного покрова. Сокращение биоразнообразия

Биосферное значение лесов.
Леса — основное средоточие жизни на Земле и среда обитания большого числа живых организмов, источник

многих материальных благ человека (рис. 113). Лесная растительность играет важнейшую роль в поддержании баланса кислорода и углекислого

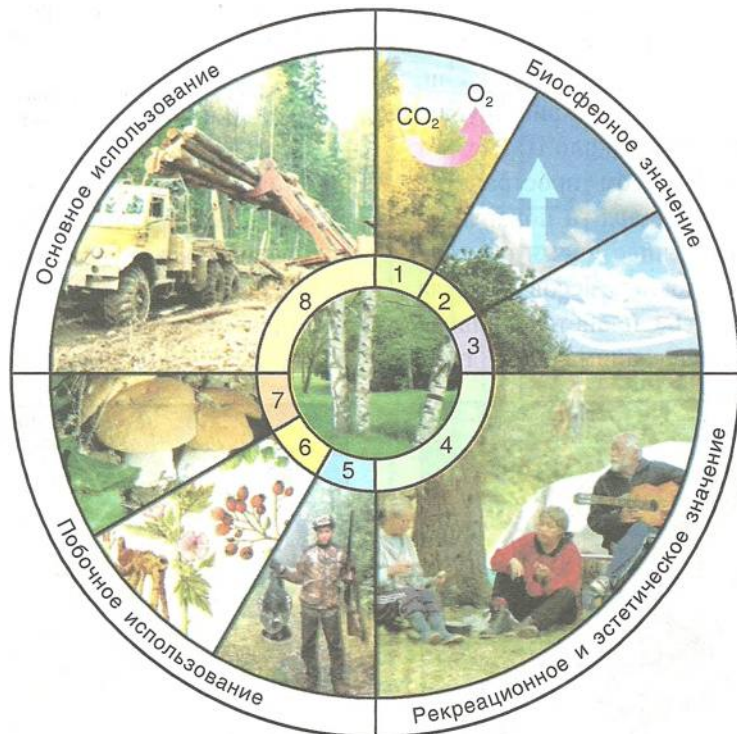


Рис. 113. Значение лесов: 1 — регуляция газового состава атмосферы; 2 — влияние на круговорот воды; 3 — защита почв от эрозии; 4 — отдых людей; 5 — охота; 6 — заготовка лекарственных трав; 7 — сбор грибов и ягод; 8 — заготовка древесины



газа в биосфере. Один гектар леса поглощает в 20 раз больше углекислого газа, чем сельскохозяйственные растения, занимающие ту же площадь. Каждый гектар леса за год поглощает 10 т углекислого газа, выделяет до 20 т кислорода и большое количество разнообразных летучих органических соединений — **фитонцидов**. Эти биологически активные вещества уничтожают болезнетворные микроорганизмы, оздоравливая окружающую среду.

Леса регулируют количество и качество поступающей в реки дождевой воды. В тех районах, где на водоразделах рек лесной покров был уничтожен, стали нередки наводнения или, наоборот, полное пересыхание русла.

Сведение лесов. Около 10 тыс. лет назад покрытые лесом пространства занимали более 6 млрд га поверхности суши. В настоящее время существует меньше половины лесов, некогда произраставших на планете. Сильнее всего пострадали занимающие пло-

дородные почвы широколиственные леса Центральной и Западной Европы (рис. 114). Исключение составляют лишь небольшая территория Национального парка «Беловежская пуща» (около 150 тыс. га) и север Швеции. В остальных местах даже старый лес был некогда посажен людьми.



Трудно представить, что 2 тыс. лет назад большая часть территории Европы была покрыта дремучими лесами, что посреди лесов строилась Москва.

Еще в середине XVIII в. 80 % территории Беларуси было покрыто лесом. Наиболее интенсивно леса вырубались со второй половины XVIII в. и до конца 20-х годов XX в. Например, в период с 1883 г. по 1914 г. было вырублено 800 тыс. га леса. Лесные культуры были воссозданы лишь на 1,6 % этой территории. Сегодня лесистость территории Беларуси составляет около 37,5 %.

В настоящее время леса уничтожаются во многих регионах мира, но особых размахов их истребление достигло в развивающихся странах. Площади, освобождаемые от леса, идут под пашни. Древесина используется как источник



Рис. 114. Сокращение площади лесов на территории Европы



топлива, сырье для деревообрабатывающей и мебельной промышленности.

Истребление лесов имеет множество побочных эффектов (рис. 115). Это главная причина таких экологи-

ческих проблем, как опустынивание, деградация почв, наводнения, образование селевых потоков, заиливание водотоков, разрушение ареалов диких животных, вымирание многих видов

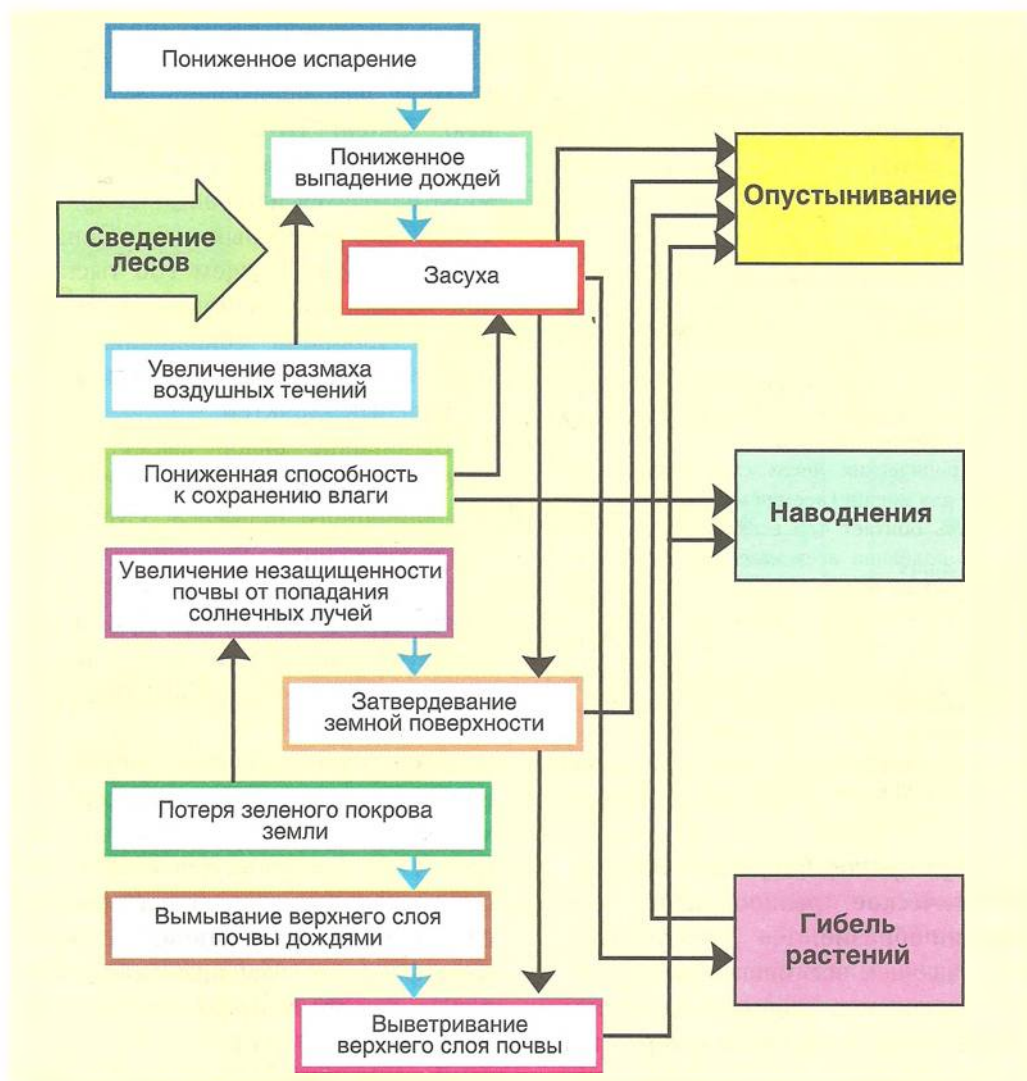


Рис. 115. Экологические последствия вырубки лесов



животных и растений. Вырубка лесов в Бразилии, США, Южной Азии, Альпах, Карпатах привела к участвовавшим наводнениям, в том числе катастрофическим. Если раньше сильные наводнения и сели происходили во многих горных районах (например, в Альпах, Карпатах) один раз в 50—80 лет, то сейчас — через каждые 4—6 лет, а половодье (значительное повышение уровня воды) — практически после каждого сильного дождя.



Влажные тропические леса, расположенные в бассейне рек Амазонка и Конго, восточной части Центральной Америки и на островах Юго-Восточной Азии занимают всего 7 % суши. Но они играют огромную роль в поддержании водного баланса Земли, сохранении биоразнообразия, поглощении атмосферного углерода.

В тропических лесах самые идеальные условия для жизни (все время тепло и влажно). Здесь обитает 4/5 всех видов растений и почти половина всех наземных видов животных. Среди них 80 % видов насекомых и 90 % видов приматов из числа существующих на планете. Несмотря на это, влажные тропические леса подвергаются нещадной вырубке. В мировом масштабе вырубка лесов превышает прирост древесины в 18 раз. Особенно интенсивно истребляются леса в Бразилии. Только в 2003 г. здесь было вырублено около 20 тыс. км² леса.

Сокращение биоразнообразия.

Биологическое разнообразие, или **биоразнообразие**, — это понятие, обозначающее все многообразие живых организмов природных систем Земли. Биоразнообразие, которое мы видим сегодня, — это продукт эволюции, определяемый естественными

процессами, а сейчас все в большей степени влиянием человека.

Ученые утверждают, что в течение ближайших 20—30 лет из-за техногенных изменений окружающей среды природа может потерять более 1 млн видов живых организмов. Скорость вымирания видов сегодня в 1000 раз превышает естественную. Около 10 % видов растений умеренной зоны и 11 % видов птиц мира находятся на грани вымирания. Столь же печальный итог ожидает в ближайшем будущем 130 тыс. видов живых организмов тропической зоны. Проблема сокращения биоразнообразия, таким образом, носит глобальный характер.

Вымирание видов имеет биологическую основу и составляет часть эволюционного процесса. Существуют естественные причины вымирания — слишком узкая специализация вида, неспособность жить в новых климатических условиях, невозможность конкурировать с другими видами и т. д.

Существенное влияние на обеднение видового разнообразия оказывает хозяйственная деятельность человека (рис. 116). Основной причиной вымирания видов является **разрушение** или **сокращение мест обитания**, особенно специфических (низинных болот, пойм рек, высоковозрастных широколиственных лесов и т. д.).

Другой причиной является **раздробление мест обитания**. Так, для

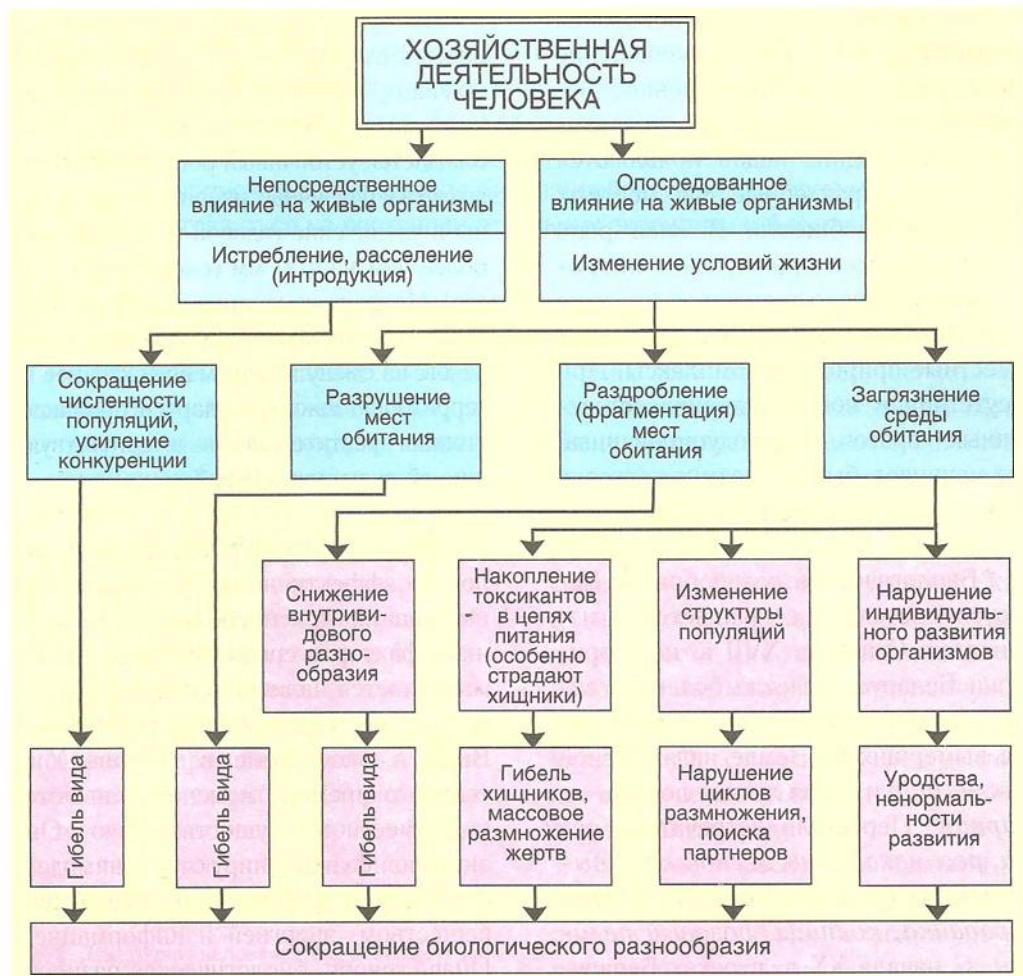


Рис. 116. Антропогенные причины сокращения биоразнообразия

выживания некоторых видов, например *журавлей*, одно огромное болото имеет значительно большее значение, чем несколько маленьких, хотя и равных по суммарной площади. Некоторым хищникам, например *волкам*, для охоты нужны обширные лесистые территории.

Загрязнение природной среды как результат деятельности человека, влияет на живые организмы. Ряд из них (например, *лишайники*, *мхи*) проявляет высокую чувствительность к загрязнителям и погибает уже при относительно низких концентрациях вредных веществ в воздухе, воде и почве.



Под снижением биоразнообразия понимается не только уменьшение числа видов, но и качественное изменение экосистем. На их территории взамен одних видов появляются другие, не характерные для местных природных сообществ. Важная роль в этом процессе принадлежит **интродукции** — переносу видов за пределы их естественных ареалов и внедрение в местные природные комплексы. При отсутствии в новых условиях естественных врагов, интродуцированный вид начинает быстро размножаться и может вытеснять местные виды.

*Биологическое разнообразие Беларуси постоянно сокращается и изменяется. С начала XVII в. на территории Беларуси исчезло более 20 видов наземных позвоночных. Среди них два вымерших на Земле вида: лесной бык — *тур* и дикая лесная лошадь — *тарпан*. Перестали встречаться *песец, россомаха, лань, лесной кот, выхухоль*, из птиц — *дрофа, стрепет, каравайка, колпица, розовый пеликан*. С начала XX в. в реках Беларуси нет *речной миноги* и 11 видов рыб (*белуги, русского и балтийского осетров, вырезуба, лосося, кумжи*). Ряд видов истреблены человеком, другие исчезли из-за сокращения ареала или изменения мест обитания. Кроме того, из флоры Беларуси за последние 100—120 лет под влиянием комплекса антропогенных факторов исчезло более 90 видов растений.

На уменьшение биоразнообразия видов Беларуси влияют и естественные причины, например глобальное изменение климата. За последние 100 лет наблюдается устойчивый рост температуры воздуха в различных районах нашей страны и увеличение годовой нормы осадков более чем на 100 мм (около 20 % нормы). На фоне изменения климата происходит естественное отступление на север лесов, на смену которым все активнее на территорию южной Беларуси проникает степная растительность и сопутствующие ей виды животных.*

Хорошо известно, что одним из условий эффективного существования, выживания, приспособления к колебаниям факторов среды любой экосистемы является наличие в ней определенного числа видов живых организмов. Виды в экосистеме в течение длительного времени приспособляются к совместному существованию. Они активно функционируют, взаимодействуя друг с другом в процессе обмена веществом, энергией и информацией. Иначе говоря, биологическое разнообразие — залог устойчивого функционирования как отдельных экосистем, так и биосферы в целом. Экологическое взаимодействие разных видов живых существ с окружающей средой формирует экосистемы, от состояния которых зависит жизнь всего человечества. Сокращение биоразнообразия — это серьезный урон для биосферы, одна из главных экологических проблем.



1. Какое значение в природе и жизни человека имеют леса? 2. Как изменилась площадь лесов за время развития цивилизации? 3. В каких целях вырубаются леса? 4*. Изобразите в виде схемы глобальные экологические последствия сведения лесов. 5*. Как вы думаете, каким образом вас и вашу семью затрагивает глобальная проблема исчезновения лесов. 6. Объясните, почему происходит сокращение биоразнообразия живых организмов. Как это может отразиться на состоянии отдельных экосистем и биосферы в целом?

54. Загрязнение окружающей среды

Техногенное загрязнение. За последние 100 лет человечество в 100 раз увеличило скорость своего перемещения в пространстве, в 1000 раз — использование энергетических ресурсов, в 7 млн раз — военную мощь, в сотни миллионов раз — скорость связи, обмена информацией и решения различных научных и практических задач с помощью электронно-вычислительной техники.

Мировая промышленность сейчас производит примерно в 100 раз больше товаров и добывает в 3—4 раза (по массе) больше полезных ископаемых, чем 25 — 30 лет тому назад.



Ежегодно человечество добывает из недр Земли свыше 100 млрд т полезных ископаемых, в том числе около 3,5 млрд т угля, выплавляет 800 млн т различных металлов, рассеивает на поля свыше 500 млн т минеральных удобрений.

Одновременно человечество производит огромное количество отходов. Только 2 % сырья, извлекаемого из недр планеты, превращается в готовую продукцию, а остальные 98 % — это отходы, загрязняющие биосферу.

Как уже отмечалось, сегодня на все живые существа биосферы негативно действует огромное количество химических веществ, которые используются человеком. Ежегодно в мире синтезируются все новые химические соединения. Большинство из них, как и некоторые отходы человеческой деятельности, не перерабатываются природой, поскольку являются «чужими» в экосистемах. Для синтетических веществ не существует редуцентов, поэтому они накапливаются, отравляя окружающую среду.

Наиболее распространенными и опасными загрязнителями воздуха являются оксиды азота, бензол; воды — пестициды, нитраты; почвы — соединения хлора. Особую опасность представляют тяжелые металлы, которые в большом количестве накапливаются в почве, воде и продуктах питания.



Ежегодно в результате сгорания топлива в атмосферу планеты выделяется приблизительно 22 млрд т углекислого газа и 150 млн т сернистых соединений. Мировая промышленность сбрасывает в реки около 160 км³ вредных стоков. В почву вносятся око-



ло 500 млн т минеральных удобрений и 4 млн т пестицидов. За последние 50 лет использование минеральных удобрений увеличилось в 45 раз, ядохимикатов — в 10 раз. И хотя урожайность при этом возросла только на 15—20 %, наблюдается повсеместное загрязнение природных вод, почвы и продуктов питания.

Виды загрязнений. Существуют различные классификации факторов загрязнения окружающей среды.

*В наиболее общем виде загрязнители и загрязнения окружающей среды классифицируются:

1) по происхождению — механические, химические, физические, биологические, материальные, энергетические;

2) по времени действия — стойкие, нестойкие, полустойкие, средней стойкости;

3) по влиянию на живые организмы — прямого и непрямого действия;

4) по характеру — умышленные (запланированные), сопутствующие, аварийно-случайные.*

Механические загрязнения — это различные твердые частички или предметы (выброшенные как ненужные, отработанные, неиспользованные) на поверхности Земли, в почве, воде, в космосе (пыль, обломки различных аппаратов).

Химические загрязнения — твердые, газообразные и жидкие вещества, химические элементы и соединения искусственного происхождения, которые поступают в биосферу и нарушают природные процессы круговорота веществ и энергии (табл. 9).

Таблица 9. Основные виды загрязнителей окружающей среды

Виды загрязнителей	Основные источники загрязнения	Влияние на состояние окружающей среды и характеристика
Оксид углерода (II), или угарный газ (CO)	Неполное сгорание топлива (угля, природного газа, древесины, нефти, бензина)	Изменение климата, нарушение теплового баланса атмосферы. Содержание в воздухе в количестве 4 % смертельно для многих живых организмов
Оксиды азота (I, II, IV)	Заводы по производству азотной кислоты и нитратов, анилиновых красителей, целлюлоида, вискозы, металлургические заводы, сжигание топлива	Изменение климата, состояния озонового слоя, кислотные осадки, увеличение количества нитратов в пищевых цепях, усиление коррозии, смог
Углеводороды (бензопирен)	Химическая промышленность, сжигание топлива, транспорт, курение	Изменение климата, состояния озонового слоя, негативное влияние на здоровье человека



Продолжение

Виды загрязнителей	Основные источники загрязнения	Влияние на состояние окружающей среды и характеристика
Оксид серы (IV), или сернистый газ (SO_2)	Сжигание топлива с примесями серы (уголь, нефть), переработка сернистых руд, горение терриконов, выплавка металлов	Изменение климата, кислотные осадки, усиление коррозии металлов, респираторные заболевания у человека, повреждение растений
Оксид серы (VI), или серный ангидрид	Химическая, нефтеперерабатывающая и металлургическая промышленность (образуется в результате окисления SO_2 в атмосфере)	Подкисление грунтов, усиление коррозии металлов, разрушение резины, мрамора, известняков, доломитов, обострение заболеваний органов дыхания у человека и животных
Сероводород (H_2S) и сероуглерод (CS_2)	Предприятия по производству искусственного волокна, сахара, нефтеперерабатывающие и коксохимические заводы	Негативное влияние на здоровье человека из-за высокой токсичности (в 100 раз более токсичны, чем SO_2)
Ртуть (Hg)	Разработка ртутьсодержащих руд, производство хлора, соды, пестицидов, свалки отходов (отработанные люминесцентные лампы, батарейки)	Высокотоксичное вещество, особенно ртутьорганические соединения — метилртуть, этилртуть (накапливаются в живых организмах по пищевым цепям)
Свинец (Pb)	Выхлопные газы автомобилей, свинцовые краски, материалы покрытий, изоляция кабелей, металлургия	Токсичный металл (накапливается в живых организмах по пищевым цепям)
Кадмий (Cd)	Химическая, горнодобывающая промышленность, сжигание мусора на свалках	Наитоксичнейший металл — ПДК — 0,001 мг/л (накапливается в живых организмах по пищевым цепям)
Цинк (Zn), медь (Cu)	Химическая промышленность, металлургия	Токсичные соединения (накапливаются в живых организмах по пищевым цепям)
Соединения хлора (Cl_2 , HCl)	Химическая промышленность	Токсичны
Соединения фтора (HF, CaF_2)	Химическая промышленность	Токсичны
Асбест	Строительные, жаростойкие материалы	Вызывает тяжелые заболевания органов дыхания



Продолжение

Виды загрязнителей	Основные источники загрязнения	Влияние на состояние окружающей среды и характеристика
Нефть	Нефтедобывающая, нефтехимическая промышленность, транспортировка нефти	Нарушение теплообмена гидросферы; в случае аварий и попадания в среду вызывает гибель живых организмов
Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), полихлор-бифенилы (ПХБ), полибром-бифенилы (ПББ)	Химическая промышленность (изготовление полиэтиленовых упаковок, пакетов, труб, большинства моющих средств)	Изменение климата, состояния озонового слоя, канцерогены, мутагены
Фосфаты	Химическая промышленность, производство пестицидов	Загрязнение воды в реках и озерах
Пестициды	Химическая промышленность, производство пестицидов	Токсические соединения (накапливаются в организмах по пищевым цепям)
Полифторуглеводороды	Химическая промышленность	Разрушение озонового слоя, изменение климата
Радиация	Естественные (в основном радоновый) и искусственные (медицинское обслуживание, испытания ядерного оружия, АЭС),	Снижение иммунитета, злокачественные образования, мутации

Физические загрязнения — тепловые, электрические, электромагнитные, гравитационные, световые, радиационные поля в окружающей среде, а также шумы, вибрация.

Биологические загрязнения — появление в природе в результате деятельности человека новых разновидностей вирусов (например, ВИЧ), повышение патогенности паразитов и возбудителей заболеваний, а также спровоцированное человеком катастрофическое размножение отдельных

видов (например, вследствие необоснованной интродукции, нарушения карантина сорняков и т. п.).

*К *материальным* факторам относятся различные атмосферные загрязнения, сточные воды, твердые отходы. *Энергетическими* загрязнениями являются тепловые выбросы, электромагнитные поля, ультразвуковое, световое, ультрафиолетовое, лазерное, инфракрасное, ионизирующее, радиоактивное, электромагнитное излучения.



К *стойким* относятся загрязнители, которые долго сохраняются в природе (пластмассы, полиэтилен, некоторые металлы, стекло, радиоактивные вещества с большим периодом полураспада).

Нестойкие загрязнители быстро распадаются, разлагаются либо нейтрализуются в природной среде под влиянием различных факторов.

Умышленные загрязнения — это

запрещенные противозаконные выбросы вредных отходов производства в водоемы, воздух и почву.

Сопутствующие загрязнения — это постепенное изменение состояния атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы в результате деятельности человека (появление кислотных дождей, парникового эффекта, уничтожение озонового слоя и др.).*



1. Что называется загрязнением окружающей среды? 2. Перечислите основные загрязнители окружающей среды. Как они классифицируются? 3. Какие вещества относятся к наиболее опасным загрязнителям окружающей среды? 4*. Что представляет собой умышленное загрязнение?

*55. Сельскохозяйственное загрязнение

Источники сельскохозяйственного загрязнения. Сельскохозяйственное загрязнение связано с выносом из почвы с дождевой и ирригационной водой удобрений и ядохимикатов. Источником загрязнения являются также сточные воды животноводческих комплексов, птице- и звероферм, силосные ямы, хозяйственно-бытовые стоки. Сельскохозяйственное загрязнение чаще носит локальный, иногда региональный характер.

Минеральные удобрения и пестициды. Наиболее распространенными минеральными удобрениями, применяемыми в сельском хозяйстве, являются *азотные, фосфорные и калийные*. В сельскохозяйственных районах самыми масштабными загрязнителями подземных вод являются нитраты. Грунтовые воды многих стран

содержат нитраты в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые. Максимальные концентрации могут превышать 1000 мг/л.

Значительно меньшая доля в загрязнении подземных вод принадлежит калийным и фосфорным удобрениям. Соединения калия и фосфора хорошо усваиваются растениями, а также сорбируются глинистыми частицами почв, и лишь незначительная их часть выносится в подземные воды.

Как уже отмечалось, одним из наиболее опасных видов сельскохозяйственных загрязнителей являются **пестициды**. Большая часть пестицидов и продуктов их разложения — это яды, отравляющие живые организмы. Они мигрируют по пищевым цепям и, накапливаясь в живых организмах разных видов, могут вызывать их заболе-



вания, а иногда и гибель. Кроме того, пестициды накапливаются в почве, а оттуда смываются в водоемы, где также включаются в пищевые цепи.

Животноводческие комплексы.

По степени воздействия на окружающую среду влияние крупных животноводческих комплексов соизмеримо с влиянием промышленных объектов. Отходы животноводства являются источником химического и бактериального загрязнения природных почв и вод. В первую очередь это органические вещества: мочевина, фенолы, медицинские препараты, добавляемые в корм, и т. д. В стоках содержатся и неорганические вещества: соединения азота, фосфора, калия, меди, марганца, цинка, кобальта, мышьяка, железа и др. Кроме того, в стоках присутствуют патогенные микроорганизмы (например, *сальмонеллы*), бактерии фекального загрязнения и сапротрофные микроорганизмы.

Стоки животноводческих комплексов загрязняют как подземные, так и поверхностные воды. Загрязнение подземных вод происходит в результате фильтрации из навозохранилищ, а также в случае внесения в почву в качестве удобрения высоких доз навозной жижи. Это вызывает серьезную тревогу, т. к. подземные воды питают колодцы, водозаборы, сообщаются с открытыми водоемами.

Эвтрофикация водоемов. Бытовые, сточные, промышленные воды, навозная жижа агрокомплексов и вы-

мытые с полей удобрения и ядохимикаты приносят в реки и озера большое количество органических веществ. При их расщеплении в водоемах увеличивается количество фосфора, азота, что приводит к массовому размножению цианобактерий, водорослей и некоторых водных растений. Этот процесс называется эвтрофикацией.

Эвтрофикация (греч. *eutrophia* — хорошее питание) — повышение биологической продуктивности водоема в результате накопления в нем биогенных элементов под действием антропогенных или естественных факторов.

Благоприятные абиотические факторы наряду с эвтрофикацией водоема приводят к быстрому размножению автотрофных протистов и цианобактерий, что вызывает цветение воды (см. с. 31). Это основной признак эвтрофикации, имеющий очень неприятные последствия. Вода приобретает грязно-зеленый цвет, неприятные вкус и запах, поэтому не может использоваться в быту без специальной обработки. Донные камни обрастают нитчатыми водорослями, обрывки которых, прибитые волнами к берегу, начинают гнить, выделяя при этом ядовитые сероводород и аммиак. Результатом цветения воды является уменьшение содержания в ней кислорода, который тратится на окисление загрязнителей. Некоторые цианобактерии также выделяют ядовитые вещества, вредные для водных организмов. В результате происходит гибель многих видов водных организмов.



1. Каковы источники сельскохозяйственного загрязнения? 2*. Почему пестициды являются особенно опасными сельскохозяйственными загрязнителями? 3. Какие факторы загрязнения водоемов вы знаете? 4. Какие экосистемы в первую очередь подвергаются сельскохозяйственным загрязнениям? 5. Объясните сущность понятия «эвтрофикация» водоема. Каковы причины ее возникновения? 6. Назовите основные признаки эвтрофикации.*

56. Озоновый экран и причины его разрушения

Озоновый экран и его защитные функции. Жизнь на Земле зависит от энергии Солнца. Эта энергия приходит на Землю в виде света видимого, инфракрасного, или теплового, и ультрафиолетового (УФ) излучения. УФ-излучение наиболее энергетически мощное, поэтому интенсивно воздействует на живые организмы. Весь поток УФ-излучения, который доходит до земной поверхности, условно разделяют на три диапазона: УФ(А) (длина волны 400—315 нм), УФ(В) (315—280 нм) и УФ(С) (280—100 нм). УФ(В)- и УФ(С)-излучения, так называемый «жесткий ультрафиолет», наиболее вредны для всего живого: они приводят к нарушению структуры белков и нуклеиновых кислот и в конечном итоге к гибели клеток. Было обнаружено, что даже при небольшом превышении дозы УФ у человека появляются ожоги на коже. Ученые установили, что увеличение числа случаев заболевания раком кожи, а также болезней глаз, приводящих к слепоте, связано с ростом интенсивности УФ-излучения.

Что же защищает нас и всю биосферу от вредного воздействия жест-

кого УФ-излучения? Озоновый экран Земли (онозосфера).

Вы уже знаете, что на высоте 15—25 км воздух содержит некоторое количество озона (O_3). Озон образуется и разрушается в этой зоне стратосферы под воздействием УФ-лучей. В результате между O_2 и O_3 устанавливается равновесие ($O_2 \rightleftharpoons O_3$). Энергия УФ(В)- и УФ(С)-излучения расходуется на фотохимические реакции образования и разрушения озона. Поэтому до поверхности нашей планеты УФ(В)- и УФ(С)-лучи не доходят. Через озоновый экран проникает лишь существенно ослабленный поток УФ(А)-излучений. Наш организм умеет защищаться от его негативного воздействия, синтезируя в коже слой темного пигмента — меланина (загар). Однако меланин образуется достаточно медленно. Поэтому продолжительное пребывание на солнце весной и в начале лета, когда кожа еще не насыщена пигментом, вызывает ее покраснение (ожог), головную боль, повышение температуры тела.

Озоновый слой образовался на Земле, по современным данным, 570—400 млн лет назад, когда в ат-



мосфере, за счет деятельности фотосинтезирующих водных организмов, начал накапливаться кислород.

Разрушение озонового экрана и его последствия. В последнее время ученые обеспокоены снижением содержания озона в озоновом слое атмосферы. Над Антарктидой в этом слое появилась «дыра», содержание озона в которой на 40—50 % меньше обычного. Площадь «дыры» из года в год увеличивается и сегодня уже превышает площадь материка Антарктиды. К тому же «дыра» постепенно смещается в сторону населенных районов Австралии.

Над Северным полушарием также обнаружена «озоновая дыра» (над о. Шпицберген), хотя и не такая большая, как антарктическая (рис. 117).



Научный и общественный интерес к проблеме озонового слоя возник в начале 70-х гг. прошлого века, когда поч-

ти одновременно в научных журналах появились статьи американского и немецкого ученых Г. Джонстона и П. Крутцена. Тема обеих статей была одинаковой — угроза озоновому слою Земли в результате хозяйственной деятельности человека. А уже в 1985 г. мир узнал о глобальной экологической проблеме «озоновых дыр». В журнале «Nature» («Природа») появилась статья английского ученого Дж. Фармана, в которой он утверждал, что содержание озона над Антарктидой постоянно уменьшается. Основанием для такого заключения послужили наблюдения за общим содержанием озона в атмосфере, проведенные на английской антарктической станции Халли-Бэй. Там за период с 1975 г. по 1985 г. количество озона снизилось на 10 %.

Уменьшение содержания озона в атмосфере угрожает жизни всего живого на Земле. Уже при его уменьшении на 10 % значительно возрастет количество случаев заболеванием раком кожи и катарактой.

Причины разрушения озонового слоя. В чем же причина появления

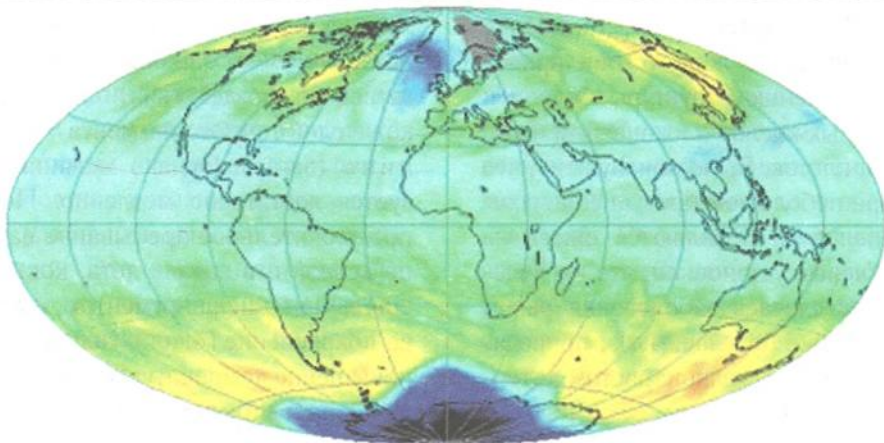


Рис. 117. «Озоновые дыры» над Северным и Южным полюсами Земли



«озоновых дыр» над Северным и Южным полюсами? Большинство ученых сходится в одном: главными виновниками являются некоторые химические вещества, которые попадают в стратосферу с восходящими воздушными потоками. Они вступают в реакцию с озоном и разлагают его. Такими веществами являются, например, оксиды азота. В результате деятельности человека их доля в атмосфере постоянно увеличивается. Существенное влияние на состояние озонового слоя оказывают соединения хлора, фтора и брома.

Источниками этих веществ в первую очередь являются все более развивающиеся гражданская авиация и химические производства. Кроме того, их накоплению способствует применение азотных удобрений, хлорирование питьевой воды, широкое использование **фреонов**, или **хладонов** (полифторуглеродов), в холодильных установках, противопожарной пене, в качестве растворителей и в аэрозолях. Все это привело к тому, что миллионы тонн этих веществ поступают в нижние слои атмосферы в виде бесцветного нейтрального газа. Распространяясь вверх, полифторуглероды под действием УФ-излучения разрушаются, выделяя фтор и хлор, которые активно вступают в процессы разрушения озона (рис. 118).



Когда более 60 лет назад был впервые синтезирован фреон, химики не могли нарадоваться на свое детище: безвредный, нетоксичный, инертный, дешевый газ. Те-

перь молекулы этого газа называют «убийцами». Ежегодно в мире производится несколько миллионов тонн фреонов. Особенно разрушителен для озона хлор: каждый его атом способен уничтожить 100 тыс. молекул озона! А ведь некоторые фреоны-долгожители, попадая в атмосферу, могут существовать в ней 70—100 лет.

Широкое движение «зеленых» во всем мире, принятие Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и действия международной организации ВМО (Всемирная метеорологическая организация) привели к заключению весной 1985 г. **Венской конвенции об охране озонового слоя**. В конвенции провозглашалась общая цель 44 участвующих в ней стран: сохранение озонового слоя и консультации по предотвращению действий, наносящих ему ущерб.

*Конкретные мероприятия по защите озонового слоя предусматривались в Протоколе к Конвенции, принятом в сентябре 1987 г. в Монреале (Канада). Было решено к 2000 г. сократить на 50 % применение фреонов, а затем и совсем отказаться от них, заменив более безопасными соединениями.

В июне 1990 г. в Лондоне на встрече представителей стран, подписавших Монреальский протокол, были приняты поправки, существенно усилившие ограничения на фреоны.

В 1992 г. представители 91 страны собрались в Копенгагене на очередную конференцию по озоновому слою с целью узаконить прекращение

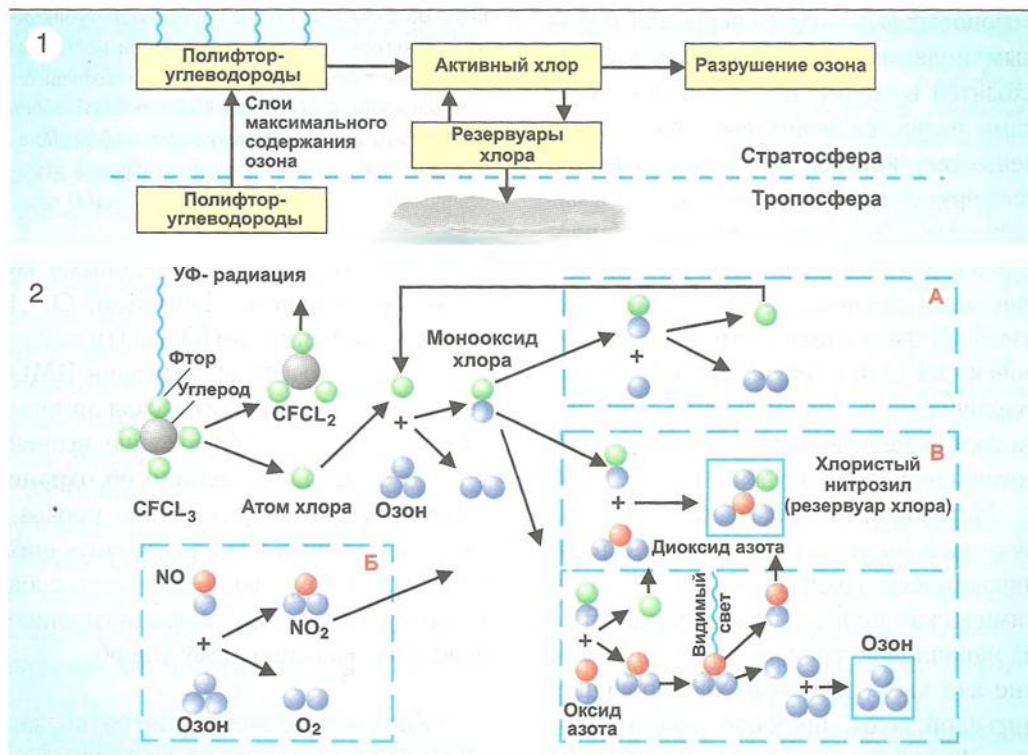


Рис. 118. Разрушение озона в атмосфере (1 — схема; 2 — молекулярный механизм): атомарным хлором (А), оксидом азота (Б) и диоксидом азота (В)

производства фреонов. Были приняты решения уже к 1996 г. полностью прекратить производство наиболее опасных фреонов, а до 2030 г. — всех остальных.

Было также выделено 240 млн долларов для помощи развивающимся странам с тем, чтобы они прекратили производство фреонов до 2010 г.*



1. Какую роль играет озоновый слой в жизни живых организмов Земли?
2. Почему происходит образование «озоновых дыр»? Как это влияет на живые организмы?
3. Назовите источники поступления в атмосферу веществ, разрушающих озоновый слой.
- 4*. Как вы думаете, какие изменения произошли бы в биосфере при полном исчезновении озонового экрана?
- 5*. Как лично вас и членов вашей семьи затрагивает проблема разрушения озонового слоя? Какое участие в решении этой проблемы вы можете принять?

57. Глобальное потепление и парниковый эффект

Глобальное потепление и его причины. Климат Земли, который зависит в основном от состояния атмосферы, на протяжении геологической истории периодически изменялся. Эпохи похолодания, когда значительная часть суши (в частности, север Евразии и Северной Америки) покрывалась ледниками, чередовались с эпохами потепления, вызывавшими таяние льдов. Мы живем в очередную эпоху потепления.

Температурные изменения, происходящие на поверхности Земли и в ее атмосфере, связаны с содержанием в

природе газов, которые с легкой руки ученых были названы «парниковыми». Это углекислый газ, метан, оксиды азота и водяной пар. Выяснилось, что парниковые газы действуют подобно стеклу или пленке в теплице или парнике.

Подобно тому, как в парнике стеклянные крыша и стены пропускают солнечную радиацию, но не дают уходить теплу, так и парниковые газы практически прозрачны для солнечных лучей, но задерживают длинноволновое тепловое излучение Земли, не давая ему уходить в космос (рис. 119).

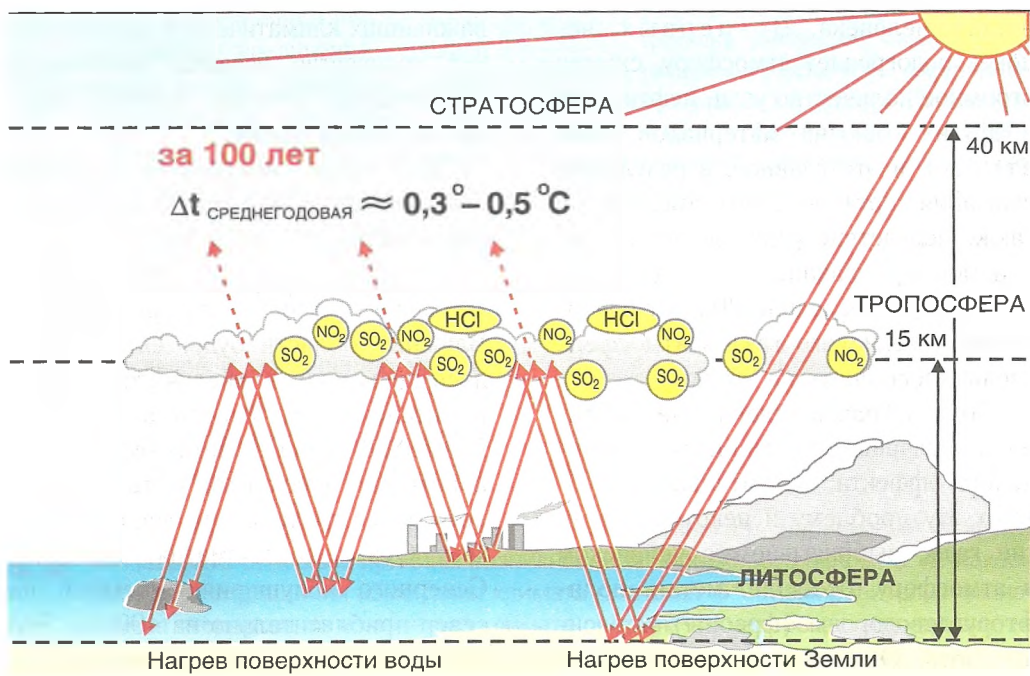


Рис. 119. Механизм парникового эффекта



При этом часть тепла возвращается обратно на поверхность Земли и оттуда вновь поступает в атмосферу. Это вызывает разогревание атмосферы, известное как **парниковый (оранжерейный, тепличный) эффект**. Без газового «одеяла», окутывающего Землю, температура на ее поверхности была бы на 30—40 °C ниже. Существование живых организмов в таком случае было бы весьма проблематичным.

Однако в последнее время ученые бьют тревогу. Сегодня атмосфера Земли разогревается значительно сильнее, чем когда-либо в прошлом. Это во многом обусловлено деятельностью человека. Во-первых, человек подогревает атмосферу, сжигая огромное количество угля, нефти, газа и других горючих материалов. Во-вторых, и это главное, в результате сжигания органического топлива, а также вследствие уничтожения лесов, в атмосфере накапливается углекислый газ. За последние 200 лет содержание углекислого газа в атмосфере увеличилось почти на 25 %.

Водяной пар и углекислый газ являются главными виновниками парникового эффекта. Значительно усугубляют эту проблему и некоторые другие газы, выбрасываемые человеком в атмосферу, особенно метан, полифторуглероды (фреоны) и оксиды азота. Они примерно наполовину определяют сегодняшнее глобальное потепление.



За последние 200 лет температура на Земле увеличилась примерно на 0,5 °C.

По подсчетам ученых, в ближайшие десятилетия вследствие парникового эффекта среднегодовая температура может увеличиться еще на 1,5—2 °C, а к 2030—2040 гг. (при удвоении содержания CO₂ в атмосфере) — на 3—4 °C (примерно на 0,2—0,5 °C за десятилетие).

Если человечество не уменьшит масштабы загрязнения атмосферы и температура будет расти, как в последние 20 лет, то климат Земли очень быстро станет более теплым, нежели когда-либо за последние 100 тыс. лет.

Негативные последствия парникового эффекта. Расчеты показывают: увеличение среднегодовой температуры вызовет изменение таких важнейших климатических параметров, как количество осадков, облачность, океанические течения, размеры ледяных полярных шапок.

Некоторые внутренние регионы континентов с неустойчивым увлажнением станут более сухими, в результате чего не исключена еще большая деградация земель и потери урожаев. Влажные области будут еще больше насыщены влагой, увеличится частота и интенсивность ливней и штормов. В высоких широтах зимы будут более короткими, влажными и теплыми, а лето более длительным, жарким и сухим. Основные климатические зоны Северного полушария сместятся на север приблизительно на 400 км. Это обусловит потепление в зоне тундры, уменьшение слоя вечной мерзлоты и таяние полярных льдов.



В средних широтах, в том числе в главных хлебных районах планеты, климат станет полупустынным, урожаи зерна резко сократятся. Кроме того, возможно увеличение экстремальных воздействий на сельское хозяйство — больших наводнений, устойчивых засух, лесных пожаров и массового размножения вредителей сельскохозяйственных культур.

Глобальное потепление отразится и на состоянии лесов планеты. Лесная растительность, как известно, может существовать в очень узких пределах температуры и влажности. Большая часть растений может погибнуть, что повлечет за собой разрушение этой сложной экосистемы и гибель многих видов животных.

Предстоящее увеличение средней температуры воздуха неминуемо приведет к значительному уменьшению ледников. Расчеты и измерения показали, что за последние 100 лет объем высокогорного оледенения сократился приблизительно на 2000 км³, ежегодное сокращение составило в среднем 0,06 %.

Потепление климата ведет к таянию полярных льдов и повышению уровня Мирового океана. За последние 20 лет скорость повышения его уровня увеличилась вдвое и достигла 2,5 см в год.

По прогнозам ученых, к 2100 г. возможное повышение уровня океана составит 0,6—1,0 м, что расценивается как надвигающаяся глобальная катастрофа. В этом случае обширные области океанических и морских побережий, где сейчас проживает от 30 до 50 % населения Земли, окажутся под водой. Будут затоплены острова, что приведет к миграции миллионов человек.

Исследования показывают: чтобы избежать глобальной катастрофы, необходимо уменьшить выбросы оксида углерода в атмосферу по меньшей мере до 2 млрд т в год (примерно на 2/3 от нынешнего объема).



Мировая общественность обеспокоена грядущим изменением климата. Принимаются усилия по предотвращению надвигающейся катастрофы. На международной встрече в Торонто (Канада) в 1988 г. ученые и политики предложили к 2025 г. сократить выбросы оксида углерода в атмосферу на 20 %.

На конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. была подготовлена **Рамочная конвенция об изменении климата**, основным положением которой стала международная координация и объединение усилий в борьбе с изменением климата и его неблагоприятными последствиями для планеты.



1. Что такое парниковый эффект?
2. Как возникает парниковый эффект?
3. Назовите основные причины возникновения парникового эффекта.
4. Каковы пути предотвращения изменения климата планеты?
- 5*. Межправительственная группа экспертов по изменению климата считает, что человечество повлияло на климат Земли посредством мегаполисов (городских островов тепла), опустынивания, обезлесения, разрушения атмосферного озона. Эти факторы вызывают глобальное потепление. Объясните механизмы их действия.



58. Проблема кислотных дождей

*Для определения кислотности растворов используют шкалу pH, в основе которой лежит концентрация ионов водорода (рис. 120). Амплитуда шкалы pH от 0 до 14. Уксус имеет показатель pH, равный 2,5; pH = 7

означает, что среда нейтральная (дистиллированная вода), pH раствора пищевой соды чуть больше 8.*

Что такое кислотный дождь.
Как уже отмечалось, в результате ра-



Рис. 120. Шкала кислотности

боты тепловых электростанций, автомобильных двигателей, некоторых предприятий металлургической и химической промышленности в окружающую среду выбрасываются оксиды серы и азота. Эти газы соединяются с атмосферной влагой и образуют мелкие капельки серной и азотной кислот, которые переносятся ветром в виде кислотного тумана или выпадают на землю кислотными дождями. **Кислотными** называются осадки с величинами pH меньшими, чем pH чистой дождевой воды (5,6).

Кислотные осадки выпадают на поверхность Земли не только в виде дождя, но и в виде снега и града. Они наносят значительный экологический, экономический и эстетический ущерб.

Зимой вблизи ТЭЦ и металлургических заводов иногда выпадает

кислотный снег, который еще более вреден, чем кислотный дождь, т. к. в нем более высокое содержание кислот. Районы, где выпадает кислотный снег, одновременно получают 4—5-месячную дозу загрязнения. Весной талая вода иногда содержит в десятки раз больше кислот, чем в чистых районах.

Кислотные дожди наблюдаются во многих регионах мира (рис. 121). Они особенно характерны для Западной и Северной Европы, промышленных районов России, Украины, США и Канады.

Например, сейчас до опасного уровня закислена треть озер штата Флорида, 20 % озер штатов Массачусетс, Нью-Гемпшир, Род-Айленд (США). В таком же состоянии находятся 20 тыс. озер юга Швеции, сотни озер в Южной Канаде.

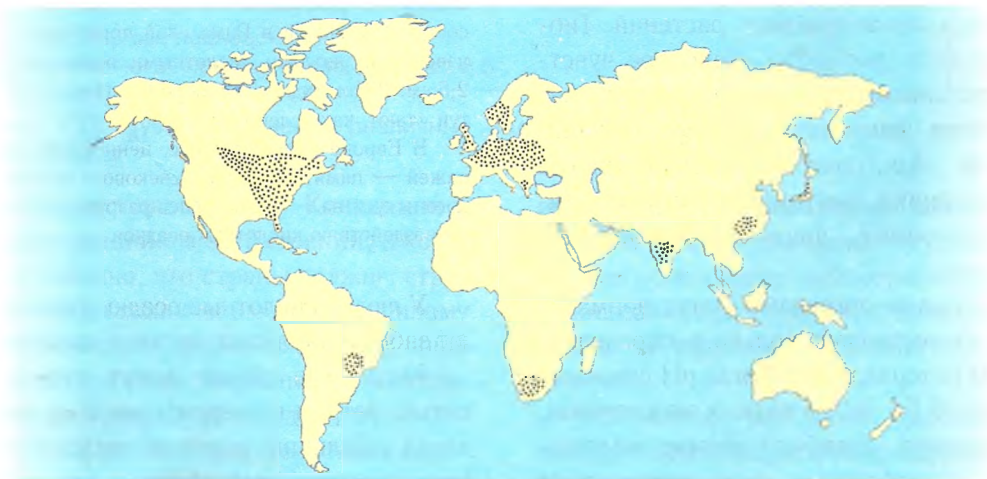


Рис. 121. Ареалы выпадения кислотных дождей



Рис. 122. Деревья, поврежденные кислотными дождями

Действие кислотных осадков на окружающую среду. В результате выпадения кислотных осадков нарушается равновесие в экосистемах. Почва теряет элементы минерального питания, что ухудшает жизнедеятельность растительности и, как следствие, приводит к обеднению животного мира. В результате повреждения листвы снижается продуктивность сельскохозяйственных растений. Гибнут леса (рис. 122). Наиболее чувствительными к кислотным дождям являются *ель, лиственница, пихта, кедр, бук, граб*. Погибают многие лишайники, поэтому их считают «индикаторами» чистоты окружающей среды.

Живые организмы могут нормально существовать только в определенном интервале pH. Когда pH снижается до 6,5—6,0, в водных экосистемах, например, погибают многие моллюски, ракообразные, икра земноводных (рис. 123).

При pH, равном 6,0—5,0, гибнут наиболее чувствительные *планктонные организмы и насекомые, сиговые рыбы, форель, хариус, лосось, плотва, окунь и щука*. При pH ниже 4,5 в водоемах погибает вся рыба, большинство лягушек, насекомых, вымирают микроорганизмы, развиваются анаэробные (бескислородные) процессы с выделением метана и сероводорода.

Кислотные осадки ускоряют разрушение памятников архитектуры, зданий, сооружений, особенно тех, которые построены из известняка и облицованы мрамором.



Исторические памятники Греции и Рима, простояв тысячелетия, разрушаются прямо на глазах. Такая же судьба грозит и Тадж-Махалу — шедевр индийской архитектуры периода Великих Моголов, Тауэру и Вестминстерскому аббатству в Лондоне, Казанскому собору, Мраморному дворцу и Александру-Невской лавре в Санкт-Петербурге. На соборе Св. Павла в Риме слой портлендского известняка изъеден кислотными осадками на 2,5 см. В Голландии на соборе Св. Иоанна статуи «тают, как леденцы».

В Европе более 100 тыс. ценнейших витражей — памятников средневекового готического искусства — подверглись разрушительному воздействию кислотных осадков.

У людей кислотные осадки вызывают заболевания глаз, органов дыхания.

Кислотные дожди могут переноситься ветром на территории соседних стран. Дальний перенос загрязняющих веществ в атмосфере — это одна из проблем северного полушария. В

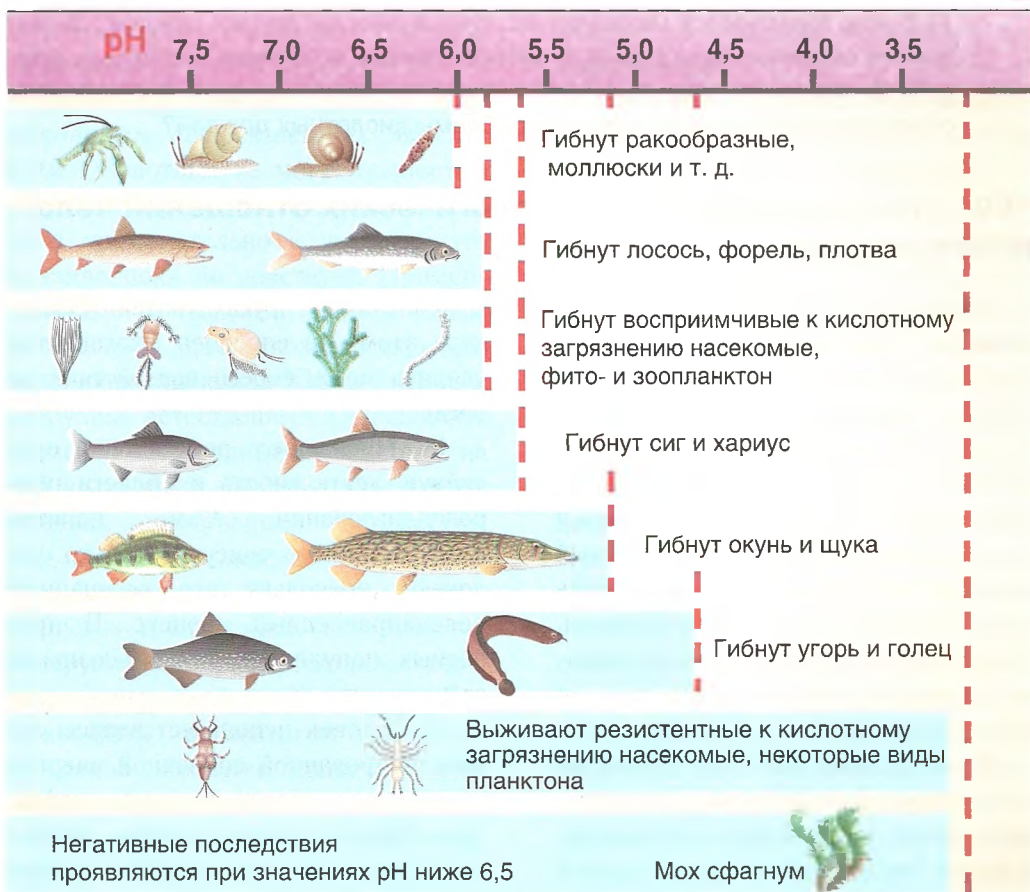


Рис. 123. Чувствительность различных водных организмов к повышению кислотности воды

В 1983 г. вступила в силу **Конвенция о трансграничном загрязнении**, в которой указано, что страны должны стремиться к ограничению и постепенному уменьшению загрязнения воздушной среды, включая загрязнения, выходящие за пределы их государств.

В июле 1985 г. в Хельсинки двадцать государств Европы и Канада подписали **Протокол о 30-процент-**

ном снижении выбросов оксидов серы на территории своих государств и, как следствие, об ограничении трансграничных потоков вредных веществ на территории соседних государств.

Как видим, проблема кислотных дождей носит общемировой характер. Поэтому люди всей Земли должны решать ее сообща.



1. В чем заключается механизм возникновения кислотных дождей? 2. Назовите основные природные и антропогенные источники кислотных дождей. 3. Каковы последствия кислотных дождей для природы? 4*. Каковы основные направления решения проблемы кислотных дождей?

***59. Отличительные черты экологических отношений человека и природы**

Экологические отношения человека. Человека от других представителей живой природы отличают особые экологические отношения. Если все биологические виды Земли приспособляются (адаптируются) к среде своего обитания, к меняющимся природным условиям, то современный человек способен приспособлять среду обитания к своим потребностям. Потребности человека как социального существа неограничены, т. е. не имеют предела.

В силу своей высокой организации человек оказывает на окружающую среду воздействие, несопоставимое с воздействием на нее других организмов. Причем это воздействие часто превосходит возможности окружающей среды к восстановлению. Это происходит по следующим причинам.

1. Изменился характер пищевых связей. Для получения пищи современный человек подключает дополнительные к мускульной энергии энергоресурсы.

2. Изменился характер информационных связей, посредством которых человек согласует свои действия

с действиями других людей. Благодаря этому он способен многократно усилить мощь своего воздействия на среду.

3. Произошел переход на орудийную деятельность в области природопользования. Само понятие «деятельность» присуще только человеку, поскольку это осознанный целенаправленный процесс. В природных популяциях такое осознание отсутствует.

4. Человек использует запасы законсервированной солнечной энергии (древесина, каменный уголь, нефть, газ, торф), а также энергии земных недр, атомной энергии. Другие виды живых организмов этого делать не в состоянии.

5. Человек способен предсказывать экологические последствия своей деятельности, хотя пока это ему не всегда удается.

По образному выражению российского эколога Н. Ф. Реймерса, человек ведет себя во взаимодействии со средой как «разумно-неразумный паразит». Если судить по экологическим последствиям его деятельности, человек неразумен, а если — по его



стремлению к сохранению природы, то разумен.

Непосредственное разрушение человеком естественных экосистем. Животные не могут полностью разрушить среду своего обитания. Однако применительно к человеку это правило пока не действует. Примерно за 8—10 тыс. лет, начиная с неолитической (сельскохозяйственной) революции до конца XIX в., человек разрушил естественные (в основном лесные и лесостепные) экосистемы на 1/5 части суши. За XX в. были уничтожены естественные экосистемы еще на 40 % площади континентов (без Антарктиды). Без учета ледяных, скальных и оголенных поверхностей ненарушенные природные экосистемы сохранились лишь на 27 % суши. Там важнейшим показателем здорового состояния экосистем является наличие естественной растительности.

Важнейшей экологической проблемой, вытекающей из разрушения экосистем, является снижение биоразнообразия. Изъятие пищи, экологического пространства, нарушение взаимодействия между организмами в результате хозяйственной деятельности ведут к разрушению мест обитания видов и популяций и в конечном счете к исчезновению видов. В естественных условиях один вид вымирает раз в 2000 лет, за последние 300 лет один вид исчезал каждые 10 лет, а в настоящее время — утрачивается почти ежедневно. Исчезновение видов

снижает способность экосистем к саморегуляции.

Решение проблемы заключается в сохранении еще имеющихся и восстановлении нарушенных экосистем — мест обитания видов.

Нарушение энергетического баланса экосистем. Экосистемы существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии. Количество солнечной энергии относительно постоянно и избыточно. Избыточно потому, что растения используют лишь около 1 % солнечной энергии, достигающей Земли. Поступающей энергии достаточно для того, чтобы удовлетворить любые потребности человечества. Поскольку вся солнечная энергия в конечном счете превращается в тепло, увеличение ее использования в хозяйственных нуждах не должно было повлиять на равновесие в биосфере. Сжигая ископаемое топливо, в котором солнечная энергия накапливалась миллионы лет, человек резко увеличил поступление в атмосферу тепла, углекислого газа и др.

Нарушение энергетического баланса в экосистемах проявилось и в «экспроприации» человеком энергии экосистем. В биосфере за миллионы лет сформировалось четкое и устойчивое распределение потребления органического вещества, создаваемого продуцентами между различными консументами. До конца XIX в. человек потреблял фотосинтетическую продукцию в пределах, соответствующих круп-



ным животным. При этом он активно вытеснял их.

В ходе промышленной революции человек, научившись использовать энергию ископаемого топлива, стал изымать все большее количество фотосинтетической продукции, производимой экосистемами. В результате часть из них деградировала.

Хозяйственная деятельность человека привела к значительным изменениям энергетического баланса:

1) человек в свою пользу стал изымать из естественного оборота в экосистемах гораздо больше чистой первичной продукции (энергии), чем это «положено» крупным консументам;

2) уничтожив на больших площадях растительность, он существенно (не менее чем на 1/5) снизил продуктивность живых организмов.

Следствием нарушения энергетического баланса экосистем стали демографическая и продовольственная проблемы.

Как вы помните, в конце длинных пищевых цепей не может быть большой биомассы. Численность же человечества за последние 100 лет возростала с феноменальной скоростью. В ряде регионов это повлекло за собой нехватку продовольствия и голод. В такой ситуации человеку нужно было перейти на второй трофический уровень — питаться в основном растительной пищей. Тем не менее множество людей, особенно в развитых странах, находятся на третьем тро-

фическом уровне, т. е. едят мясо. А использование мясного рациона связано с многократным расширением посевных площадей, загрязнением экосистем минеральными удобрениями, пестицидами, отходами животноводческих ферм и т. п.

Решить эти проблемы можно при условии использования преимущественно солнечной энергии и ее производных, экономии энергии, перехода на питание продуцентами (растениями), планирования рождаемости.

Нарушение естественных круговоротов веществ. В естественных экосистемах получение, использование ресурсов и избавление от отходов осуществляется в ходе круговоротов химических элементов. Человек же, как отмечает американский эколог Б. Небел, ведет себя в природе так, будто химические элементы непрерывно возникают в одном месте и бесследно исчезают в другом. Например, из недр Земли извлекаются фосфориты и используются для производства фосфорных удобрений. Питаясь продукцией сельского хозяйства, человек передает отходы своей жизнедеятельности в канализацию, откуда они так или иначе попадают в водоемы. Так вода обогащается фосфатами, которые на сушу уже не возвращаются. В результате месторождения на суше истощаются, а водные экосистемы загрязняются.

Важнейшим следствием нарушения естественных круговоротов хими-



ческих элементов является проблема загрязнения, или химической деформации, среды. Изымая из экосистем первичное сырье, человек в массовых масштабах производит несколько тысяч искусственных веществ. При этом около 80 % из них не оценены с точки зрения токсичности и воздействия на окружающую среду. В конечном счете все эти вещества, многие из которых раньше отсутствовали в биосфере, так или иначе попадают в экосистемы.

Загрязнение среды, в свою очередь, приводит к другим глобальным экологическим последствиям, в частности к изменению климата на Земле, появлению «озоновых дыр», кислотных дождей.

В результате деятельности человека стал иным и круговорот воды. В экосистемах суши влагооборот на 70 % контролируется живыми орга-

низмами. Сведение лесной растительности приводит к нарушению естественного круговорота воды, вследствие чего набирает обороты опустынивание. Площади пустынь увеличиваются, поскольку влагооборот уже не обеспечивает того уровня влажности воздуха на их периферии, который позволяет существовать травянистой или лесной растительности.

Решение проблемы заключается в экономном использовании природных ресурсов, широком применении вторичного сырья, внедрении малоотходных технологий и замкнутых циклов производства.

Каждая из названных проблем не существует сама по себе, все они тесно переплетаются и составляют единую глобальную экологическую проблему взаимоотношений человеческого общества и природной среды.



1. Каковы особенности взаимодействия человека с окружающей средой?
2. Какие основные группы проблем возникают в результате воздействия человека на окружающую среду?
3. Каковы основные источники загрязнения окружающей среды?
4. Какое решение проблемы нарушения энергетического баланса экосистем существует?
5. Как связаны продовольственная и демографическая проблемы с нарушением энергетического баланса экосистем?
6. Как связано загрязнение среды с климатом Земли?*

60. Поиски альтернативных путей развития человечества

К середине XX в. человеческое общество наконец осознало, что его независимость от природы — иллюзия. Законы природы одинаковы для всех живых организмов, включая челове-

ка. Разрушение природных систем, обезвоживание и опустынивание колоссальных территорий, массовый перепромысел животных и сведение лесов, возрастающее вовлечение сырья



и энергоносителей в производственную сферу и столь же объемный их возврат в природные системы в виде отходов привели к ухудшению качества природной среды. Это повлекло за собой несоответствие параметров среды экологическим требованиям человеческого организма.

В условиях больших городов или промышленных предприятий многие факторы (шум, вибрация, температура, электромагнитные поля, примеси ряда веществ в воздухе и воде и др.) периодически или постоянно находятся за пределами толерантности (устойчивости) человеческого организма. Кроме того, поступающие в воду, почву, атмосферу, а также попадающие в пищу химические соединения (рассеянные «отходы» производства) также являются экологическими факторами. По отношению к ним устойчивость человеческого организма мала, и такие вещества оказываются лимитирующими факторами.

Земля одна, а мир многообразен. Мы все зависим от биосферы, без которой не может сохраниться жизнь. Тем не менее каждое сообщество, каждая страна борются за выживание и процветание, очень редко заботясь о последствиях этой борьбы. Некоторые расходуют ресурсы Земли такими темпами, что будущим поколениям вряд ли что-то останется. Другие, которых значительно больше, потребляют слишком мало и прозябают в постоянном недоедании и болезнях, обреченные на раннюю смерть.

Поначалу возникновение экологических проблем связывалось с растущим спросом на ограниченные ресурсы и загрязнением окружающей среды вследствие роста уровня жизни сравнительно богатых стран и народов. Однако сама бедность загрязняет окружающую среду, создавая экологические проблемы иного порядка. Люди, лишенные средств к существованию, часто непосредственно разрушают окружающую среду, чтобы выжить. Они вырубают леса, опустынивают пастбища, истощают сверхэксплуатацией и без того неплодородную землю и способствуют все большему переполнению перенаселенных городов. Совокупный эффект этих изменений чреват столь серьезными последствиями, что бедность как таковая становится глобальным бедствием.

С другой стороны, там, где рост экономики привел к улучшению уровня жизни, в некоторых случаях это было достигнуто в условиях, приносящих глобальный ущерб в долгосрочном плане. Значительная часть этого успеха основывалась на все больших количествах потребляемого сырья, энергии, химических веществ и синтетических материалов, а также на загрязнении окружающей среды. Эти тенденции имеют непредсказуемые последствия для окружающей среды.

Таким образом, нынешние экологические проблемы являются, с одной стороны, результатом недостаточного развития экономики, а с другой —



итоком неблагоприятных для окружающей среды последствий высоких темпов экономического развития, происходившего без учета экологических факторов.

В 1968 г. по инициативе итальянского экономиста, одного из содиректоров фирмы «Фиат» А. Печчеи, был создан так называемый **Римский клуб**, куда вошли люди, обеспокоенные тенденциями развития мирового сообщества. Члены клуба предостерегали об опасности безудержного экономического развития и призывали экономистов и бизнесменов незамедлительно принять соответствующие меры. Римским клубом было заявлено, что в начале XXI в. человечество ожидает глобальная экологическая катастрофа-коллапс из-за неограниченного экономического и демографического роста. В качестве мер, способных предотвратить такой исход, предлагались глобальное равновесие, стабилизация производства и «нулевой рост населения».

Ухудшение экологической обстановки во многих регионах земного шара и на планете в целом требовали все более энергичных международных усилий, объединения всего человечества для защиты жизни на планете.

В 1972 г. в Стокгольме состоялась первая Всемирная конференция ООН по вопросам окружающей среды, которая приняла **Декларацию об охране окружающей среды** и объявила 5 июня Международным днем охраны окружающей среды.

С 1973 г. начала действовать специальная **Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП)**. ЮНЕП предусматривала организацию и координацию ряда исследований по охране окружающей среды, в том числе создание системы станций слежения (мониторинга) за состоянием окружающей среды.

В конце 70-х годов активизировал свою работу **Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП)**, основанный по инициативе ЮНЕСКО в 1948 г. В задачи МСОП входило научное консультирование по охране живой природы и правовым вопросам, пропаганда и распространение современных природоохранных идей.

В 1977 г. президент Римского клуба А. Печчеи опубликовал книгу «Человеческие качества», в которой изложил свои размышления о будущем человечества. Он утверждал, что научно-техническая революция является причиной того удручающего состояния, в котором оказались современное человечество и окружающая среда. Он отмечал, что для человечества «не может быть спасения до тех пор, пока народ сам не изменит к лучшему свои качества, нравы и поведение».

В 1980 г. МСОП при поддержке ЮНЕП и содействии **Всемирного фонда охраны дикой природы, Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО)**



была разработана и провозглашена большинством стран мира **Всемирная стратегия охраны природы**. Как отмечено в одном из ее документов, эта стратегия направлена на управление использованием человечеством биосферы, экосистем и видов, составляющих ее, таким образом, чтобы они могли приносить устойчивую пользу настоящему поколению и в то же время сохранили свой потенциал, чтобы соответствовать нуждам и стремлениям будущих поколений.

В 1987 г. **Международная Комиссия ООН по окружающей среде и развитию (МКОСР)** в своем отчете «Наше общее будущее» призвала к «новой эре экономического развития, безопасного для окружающей среды». Комиссия отметила, что «человечество способно сделать развитие устойчивым — обеспечить удовлетворение

нужд настоящего, не подвергая риску способность будущих поколений удовлетворять свои потребности». Таким образом, необходим переход к устойчивым формам развития, которые требуют разумных взаимоотношений с окружающей средой.

Вы уже знаете, что человечество может существовать на планете только в довольно узком интервале параметров окружающей среды. Как и любой другой вид, человек имеет свою систему взаимоотношений с окружающей средой, законы развития которой человеку необходимо учитывать в своей деятельности. Отступление от этих законов может привести к катастрофическим последствиям.

Таким образом, человечество стоит сегодня перед важнейшей проблемой выработки стратегии своего выживания на планете.



1. Перечислите основные экологические проблемы глобального характера, которые угрожают существованию человечества. **2.** Каковы основные причины экологических проблем? **3.** Как вы понимаете утверждение: «Бедность как таковая становится глобальным бедствием»? **4.** Назовите основную идею Всемирной стратегии охраны природы.

61. «Концепция устойчивого развития»

Удовлетворение человеческих потребностей и стремлений является основной задачей устойчивого развития. На современном этапе важнейшие потребности большого числа людей (пища, одежда, жилище, работа) не удовлетворяются. Кроме основных потребностей, у этих людей существ-

вует законное стремление к лучшему качеству жизни в целом. Мир, в котором процветают бедность и несправедливость, всегда будет подвержен кризисам, в том числе экологическим.

Термин «устойчивое развитие» определяется как «улучшение качества



жизни людей без превышения потенциальных возможностей экосистем».

Устойчивое развитие — это специфическая форма социально-экономического развития человеческого общества. Оно предполагает согласование экономических, экологических и социальных целей, что позволит удовлетворить потребности нынешнего населения Земли, не ставя под угрозу потребности будущих поколений.

Концепция устойчивого развития была принята в 1992 г. на конференции в Рио-де-Жанейро. Она строится на следующих принципах.

1. Уважать и заботиться обо всем существующем на Земле. Развитие не должно происходить за счет других групп людей или будущих поколений. Развитие также не должно угрожать выживанию животных и растений.

2. Повышать качество жизни человека. Необходимо дать возможность людям реализовывать свои потенциальные способности, вести достойную и богатую свершениями жизнь. Экономический рост является важной частью развития, но он не должен быть самоцелью и не может быть бесконечным. Многие цели развития у разных народов одинаковы. Это продолжительная и здоровая жизнь; образование; доступ к ресурсам, необходимым для достойного уровня жизни; политическая свобода; гарантированные права человека и защита от насилия.

3. Сохранять жизнеспособность и разнообразие всего живого на

Земле. Устойчивое развитие должно включать в себя целенаправленные действия по защите структуры, функций и разнообразия природы в мировом масштабе, так как от них зависит жизнь человечества. Это требует от каждого человека сохранять биологическое разнообразие, гарантировать устойчивое использование возобновимых природных ресурсов.

4. Свести до минимума использование невозобновимых ресурсов. Истощение таких ресурсов, как минералы, нефть, газ и уголь, должно быть сведено до минимума. Несмотря на то что эти ресурсы невозможно использовать бесконечно, срок их «жизни» можно продлить, например, при помощи использования вторичного сырья, применения ресурсосберегающих технологий, переключения на возобновимые ресурсы там, где это возможно.

5. Развиваться в пределах возможностей к восстановлению экологических систем Земли. Точное определение этих пределов в настоящее время затруднено. Они изменяются в зависимости от географических и прочих условий: от того, сколько людей живет в данном регионе, сколько пищевых продуктов, воды, энергии и сырья они используют и бесполезно тратят. Политика, направленная на гармонизацию численности населения, образа жизни и возможностей природы, должна идти рука об руку с развитием ресурсосберегающих технологий.



Для реализации принципов устойчивого развития рекомендуется предпринять, в частности, следующие действия.

1. Страны, в которых потребление энергии на душу населения превышает 80 ГДж (например, в США — 280, Великобритании — 150), должны снизить потребление до 80 ГДж на человека.

2. Ряду стран необходимо принять меры по стабилизации рождаемости.

3. Люди должны пересмотреть свои нравственные ценности и изменить стереотипы поведения. Общество должно отвергать идеи, противоречащие экологически разумному образу жизни и поощрять заинтересованность людей в сохранении среды обитания.

4. Способствовать объединению действий на мировом уровне. Достижение устойчивого развития в глобальных масштабах будет зависеть от тесного сотрудничества между всеми странами. Однако уровни экономического развития разных государств различны. Необходимо помочь странам с низкими доходами в достижении устойчивой жизни и защите окружающей среды.

Концепция устойчивого развития сегодня еще в начале своего теоретического и практического подтверждения.

В июне 1997 г. в Нью-Йорке состоялась очередная сессия **Генеральной Ассамблеи ООН по проблемам окружающей среды и развитию**, по-

священная обсуждению итогов 5-летнего периода по становлению устойчивого развития человечества. В работе форума принимали участие представители свыше 60 стран мира.

С 26 августа по 4 сентября 2002 г. в Йоханнесбурге (ЮАР) прошла **Международная встреча по проблемам окружающей среды и устойчивому развитию**. В ее документах первые два тезиса были сформулированы следующим образом.

1. Все государства будут сотрудничать в осуществлении крайне важной задачи устранения бедности как необходимого требования для того, чтобы уменьшить неравенство в стандартах жизни и лучше удовлетворять требования большинства людей в мире.

2. Для достижения устойчивого развития и более высокого качества жизни для всех людей государствам следует ослабить и исключить экологически неприемлемые производство и потребление и поддержать необходимую демографическую политику.

Все описанные события и принятые решения убедительно доказывают, что мировая общественность крайне обеспокоена экологической ситуацией, сложившейся сегодня в мире. Только совместные действия многих государств Земли могут привести к решению этой проблемы.



1. Что понимается под термином «устойчивое развитие»? 2. На каких принципах строится концепция устойчивого развития? 3. Какие предложения вы могли бы внести в концепцию устойчивого развития?

62. Рациональное природопользование и охрана природы

В основе человеческой деятельности лежит природопользование. Оно направлено на удовлетворение потребностей человека путем использования природных ресурсов и природных условий. По выражению российского эколога Н. Ф. Реймерса, «природопользование — это совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению».

Рациональное природопользование предполагает обеспечение экономной эксплуатации природных ресурсов и условий с учетом интересов будущих поколений людей (рис. 124). Рациональное природопользование включает:

1) извлечение и переработку природных ресурсов, их охрану, возобновление или воспроизводство;

2) использование и охрану природных условий среды жизни человека;

3) сохранение, восстановление и поддержание экологического равновесия в природных системах;

4) регуляцию воспроизводства человека и численности населения Земли.

Рациональное природопользование направлено на:

- обеспечение условий существования человечества и получение материальных благ;

- максимальное использование каждого природного территориального комплекса;

- предотвращение или существенное снижение вредных последствий промышленного производства или других видов человеческой деятельности;

- поддержание и повышение продуктивности природы, ее эстетической функции, обеспечение и регулирование экономического освоения при-

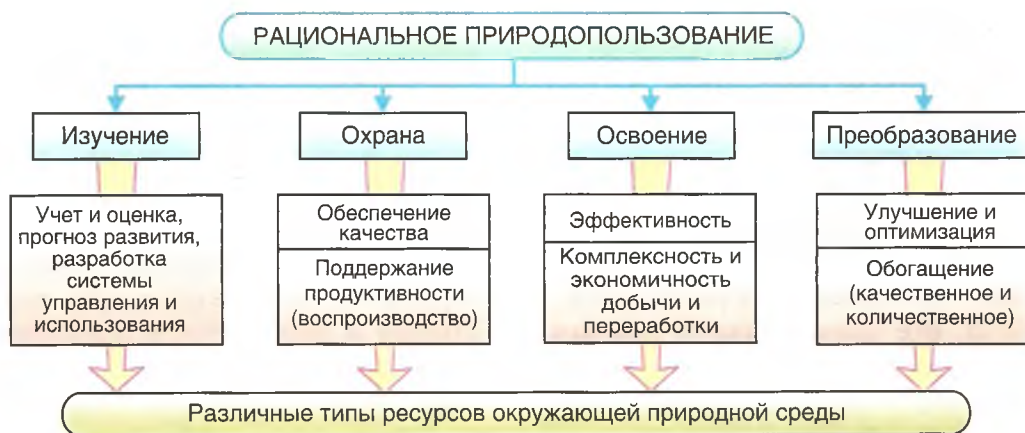


Рис. 124. Основные принципы рационального природопользования



родных ресурсов с учетом сохранения здоровья людей.

Нерациональное природопользование ведет к снижению качества, растрате и истощению природных ресурсов, подрыву восстановительных сил природы, загрязнению окружающей среды, снижению ее оздоровительных и эстетических достоинств. Все это в целом вызывает ухудшение природной среды и уничтожение природно-ресурсного потенциала.

***Основные законы рационального природопользования.** В 1971 г. известный американский борец за чистоту окружающей среды журналист-эколог Барри Коммонер сформулировал четыре положения, раскрывающие суть системы рационального природопользования. Их стали называть **законами экологии Коммонера**. Суть этих положений состоит в следующем.

1. Все связано со всем. Это положение об экосистемах и биосфере.

2. Ничто не дается даром. Это всеобщий «закон» рационального природопользования. Платить нужно энергией за дополнительную очистку отходов, удобрениями — за повышение урожая, санаториями и лекарствами — за ухудшение здоровья людей.

3. Все должно куда-то деваться. Это положение о хозяйственной деятельности человека, отходы от которой неизбежны, и потому нужно думать об уменьшении их количества

и о последующем захоронении этих отходов.

4. Природа знает лучше. Это самое важное положение рационального природопользования, которое означает, что нельзя пытаться покорять природу, а нужно сотрудничать с ней, используя биологические механизмы для очистки стоков и повышения урожая культурных растений. При этом нельзя забывать о том, что сам человек является биологическим видом, частью природы, а не ее властелином.

Действие экологических «законов» Б. Коммонера можно проследить на примере любой отрасли хозяйства, в той или иной степени вызывающей загрязнение окружающей среды. Например, одна из самых «грязных» отраслей — горно-металлургическая — оказывает на биосферу прямое и косвенное воздействие.

Прямое воздействие состоит в использовании значительной площади земель для сооружения карьеров и подземных рудников, строительства обогатительных фабрик, металлургических заводов, отвалов пород и т. д. На это отторгаются значительные площади, некогда занятые под сельскохозяйственные угодья.

Косвенное воздействие распространяется на значительные расстояния и проявляется в осаждении газов, пыли и химических веществ, деформации поверхности, повреждении растительного покрова, снижении продуктивности сельскохозяйствен-



ных угодий, животноводства и рыбного хозяйства, изменении химического состава и движения поверхностных и грунтовых вод.

Все это оказывает влияние не только на природную систему, но и на социально-гигиеническую обстановку, непосредственно связанную с жизнью человеческого общества. Таким образом влияние горно-металлургического производства по сравнению с другими отраслями характеризуется комплексностью и более сильным воздействием на все элементы биосферы: воздушный и водный бассейны, земную поверхность, флору, фауну и недра.*

Для сохранения и восстановления природных ресурсов, предупреждения вредного влияния результатов хозяйственной деятельности на здоровье человека необходимы специальные природоохранные меры.

Охрана природы — это комплекс различных мероприятий (административно-хозяйственных, технологических, юридических, общественных и др.), направленных на обеспечение функционирования природных систем, необходимых для сохранения здоровья и благосостояния человека. В Уставе МСОП записано: «Под охраной природы и природных ресурсов понимается сохранение органического мира, естественной среды, в которой живет человек, а также возобновимых природных ресурсов Земли — основного условия любой цивилизации».

Природоохранная деятельность направлена главным образом на сохранение многообразия форм жизни на Земле (биоразнообразия).

*Разнообразие живой природы является основным индикатором, определяющим, как на нее влияет человеческая деятельность. С началом промысла крупных млекопитающих и птиц, а затем с возникновением земледелия человек вторгся в естественные, созданные природой, замкнутые циклы. В каждом из них определенный вид живых организмов выполняет свою роль, и все они находятся в неразрывной связи. Стараясь изменить природные условия, человек вступил в конфликт с силами естественной, природной саморегуляции. Результатом этого конфликта стало снижение биологического разнообразия природных экосистем. В настоящее время число видов на Земле постоянно уменьшается.

Проблема сохранения биологического разнообразия в настоящее время является наиболее острой и значимой для человечества. От того, каким образом она будет решена, зависит возможность сохранения жизни на Земле и сохранения человечества как части биосферы.*

Красные книги. Для того чтобы организовать охрану флоры и фауны, выявляют объекты охраны и создают Красные книги. **Красная книга** — это официальный документ, содержащий



систематизированные сведения о редких и находящихся под угрозой исчезновения видах грибов, растений и животных. В книге содержатся краткие данные о биологии этих видов, их распространении и др. В Красных книгах отмечаются также причины, приведшие к резкому сокращению численности или даже исчезновению видов.

Первая международная «Красная книга» («Red data book») была издана в 1966 г. Инициатором издания был МСОП. Книга включала 5 томов с перечнем видов, которым угрожает исчезновение. Каждому виду был выделен отдельный лист, а книга была напечатана на бумаге красного цвета — цвета тревоги, опасности, предостережения. С этого момента во многих странах мира стали издавать Красные книги.



Первая национальная Красная книга Белорусской ССР была издана в 1981 г. В нее вошли 85 видов растений и 80 видов животных. Во 2-е издание (1993 г.) были включены 182 вида животных, 180 видов растений и по 17 видов грибов и лишайников.



Рис. 125. Красная книга Республики Беларусь

В третье издание Красной книги Республики Беларусь (рис. 125), вышедшей в 2004 г., вошли 189 видов животных, 173 вида сосудистых растений, 27 видов моховидных, 21 вид водорослей, 24 вида лишайников и 29 видов грибов.

Благодаря принятым мерам по охране животных в настоящее время в Беларуси не вызывает опасения состояние популяций таких видов, как *черный аист*, *европейская рысь*, *зубр*.

Многие виды растений и животных были исключены из 3-го издания Красной книги Республики Беларусь, т. к. они по современным представлениям и критериям не являются исчезающими или редкими. Среди растений это: *арника горная*, *безвременник осенний*, *гусиный лук луговой*, *тюльпан лесной*, *ярутка альпийская*. Среди животных: *малая и красношейная поганки*, *краснозобая казарка*, *лебедь-шипун*, *связь*, *степной лунь*, *юрок*, *просянка* и др.

Охрана биологического разнообразия на популяционно-видовом уровне. В экологии различают два уровня охраны живой природы: популяционно-видовой и экосистемный. На популяционно-видовом уровне объектами охраны являются конкретные виды животных или растений. Охрану в этом случае осуществляют, например, запрещая сбор отдельных красивоцветущих представителей семейств орхидных (*венерин башмачок*, *любка двулистная*) или лилейных (*лилии кудреватая* и *тигровая*, *рябчик* и др.). Запрещается заготовка тех видов лекарственных трав, популяции которых уже ослаблены интенсивной эксплуатацией. Запрещается охота на редкие виды птиц



(журавлей, лебедей, цапель и др.) и млекопитающих (косуль). Ограничен или запрещен отлов определенных видов рыб (стерляди, осетра, форели и др.) и редких видов бабочек и жуков.

Успех охраны флоры и фауны на популяционно-видовом уровне зависит от многих факторов. Вы уже знаете, что причиной ослабления и даже уничтожения популяций могут быть чрезмерная добыча, разрушение местобитаний, вселение новых видов-конкурентов, вытесняющих охраняемые виды, загрязнение и т. д.

Поэтому охрана популяций отдельных видов в эксплуатируемых человеком экосистемах часто бывает малоэффективной. В таких случаях используются некоторые специальные формы сохранения находящихся под угрозой исчезновения видов, например их разведение под контролем человека.

Разведение видов под контролем человека. Животных разводят в зоопарках, растения — в ботанических садах. В Швеции, ФРГ, Австрии, Франции, например, после разведения в неволе в леса были выпущены рыси. Рыб, в том числе редких видов, разводят в специальных хозяйствах, молодь выпускают в реки и озера. Сохранению видов способствует и деятельность садоводов, цветоводов, аквариумистов.

В ряде стран созданы «центры реабилитации» для оказания помощи раненым и больным животным. После излечения большинство из них отпус-

кают в природу, но некоторых приходится оставлять в связи с их неспособностью жить в воле.

Охрана биологического разнообразия на экосистемном уровне. Полное сохранение биологического разнообразия даже при рациональном использовании невозможно. На любой территории, где хозяйствует человек, не удастся сохранить все виды растений, животных и микроорганизмов. Полное сохранение биологического разнообразия в используемой человеком экосистеме так же невозможно, как создание вечного двигателя.

Механизмы поддержания экологического равновесия в экосистемах очень сложны и разнообразны. Любой вид связан с другими организмами. Например, насекомопыляемые растения не могут размножаться без насекомых-опылителей. Хищные птицы и крупные млекопитающие не могут существовать без более мелких млекопитающих, которые служат им пищей, и т. д. Чтобы сохранить популяцию крупного хищника, нужно позаботиться о популяции его жертвы и условиях для их нормальной совместной жизни. Поэтому охрана вида, стоящего на вершине пищевой пирамиды, в природе перерастает в охрану всей экосистемы, в которой он обитает. Охрана экосистем — это самый надежный способ сохранения биологического разнообразия.

Биологическое разнообразие в условиях усиления хозяйственной и



техногенной деятельности человека зависит от степени развития научно обоснованной и эффективной сети охраняемых территорий. Для сохранения биоразнообразия видов необходимо сохранить разнообразие экосистем. И наоборот, поддержание экосистем в естественном состоянии невозможно без сохранения их видового разнообразия.

Биоразнообразие обеспечивает нормальный круговорот веществ, устойчивое функционирование экосистем. Если человечество сможет решить эту важную экологическую задачу, в будущем можно рассчитывать на производство новых продуктов питания, лекарственных средств, сырья для промышленности и т. д.



1. Что называется природопользованием? **2.** Чем рациональное природопользование отличается от нерационального? **3.** Что такое охрана природы? **4.** На что в основном ориентирована природоохранная деятельность? **5.** Каковы пути сохранения биоразнообразия? **6*.** Многие действия по охране животных могут осуществлять только специалисты. Но некоторые под силу каждому из нас. Разработайте систему запретов на различные виды деятельности, угрожающие разнообразию животных в вашей местности.

63. Охраняемые природные территории

Организация заповедных территорий. Наиболее совершенной формой охраны дикой живой природы является заповедный режим. Организация заповедных территорий — это наиболее надежный способ сохранения тех видов живых организмов, которым угрожает исчезновение по вине человека. Термин «заповедник» происходит от русского слова «заповедь», т. е. завет. Заповедники служат для сохранения качественного многообразия жизни на Земле.



В 1913 г. в Швейцарии состоялась Международная конференция по проблеме охраны природы. На ней впервые была обоснована необходимость организации в различных природных зонах крупных заповедников, в которых охранялись бы основные ком-

поненты биоценоза — животный и растительный мир. Высказывались идеи о международном сотрудничестве в природоохранном деле.

Например, Амазония раскинулась на территории нескольких государств южноамериканского континента. Разрозненные усилия этих стран по сохранению уникальной экосистемы тропического дождевого леса не принесли существенной пользы. Огромные площади влажных лесов, расположенных вдоль реки Амазонка, уничтожаются стремительными темпами. Люди используют освободившиеся территории под сельскохозяйственные угодья, строительство дорог. Через несколько десятилетий эти леса могут исчезнуть бесследно. А ведь именно там (на 7 % суши) встречаются более половины всех видов растений и животных планеты. Только совместные действия многих стран по охране лесов в бассейне Амазонки могут принести ощутимый результат.

Под системой особоохраняемых природных территорий (ООПТ) по-



нимается совокупность экологически взаимосвязанных природных объектов, выполняющих важнейшие средо-, ресурсо- и информационно-охранные функции. ООПТ предназначены для сохранения типичных и уникальных природных ландшафтов, разнообразия животного и растительного мира, объектов природного и культурного наследия. Такие территории исключаются из традиционного хозяйственного использования (рубка леса, распашка, осушение, орошение и т. п.). В «Мировой стратегии охраны природы» (1978 г.) говорится, что в настоящее время почти каждый природный объект — большинство видов растений и животных (или их отдельные популяции в разных частях ареалов), биоценозов, экосистем и ландшафтов нуждаются в той или иной степени охраны. Однако реально организовать действенную охрану природных объектов сегодня можно лишь для их ограниченного числа.

В мире функционируют разнооб-

разные виды заповедных объектов. Среди них наиболее известны и широко распространены заповедники (государственные, международные, приграничные, биосферные), заказники, национальные и природные парки, заповедно-охотничьи хозяйства, участки воспроизводства промысловых животных, нерестовые водоемы и акватории, памятники природы и др. Список природных охраняемых территорий постоянно расширяется. В него включаются разного типа ареалы рекреационного использования и традиционного хозяйствования. Это, например, управляемые резерваты, резерваты ресурсов и др. Кроме того, существуют и чисто национальные формы охраняемых территорий — культурные, лесохозяйственные и т. п. Каждая из охраняемых территорий выполняет свои функции (рис. 126).

Заповедники — особоохраняемые территории и акватории, полностью исключенные из любой хозяйственной



Рис. 126. Виды особоохраняемых территорий мира



деятельности ради сохранения в нетронутом виде природных комплексов, а также охраны редких и исчезающих видов растений и животных. Заповедники предназначены для сохранения в естественном состоянии типичных ландшафтов и экосистем. Сейчас в мире около 2600 заповедников. Они занимают площадь 4 млн км² (около 3 % суши).

В Республике Беларусь функционирует два заповедника: **Березинский биосферный** и специально созданный для изучения последствий аварии на Чернобыльской АЭС **Полесский радиационно-экологический**.

В 1970 г. на XVI сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО была принята международная программа «**Человек и биосфера**» («Man and Biosphere»). Программа была утверждена в связи с возрастающим воздействием человека

на окружающую природную среду. Она была призвана обеспечить на основе комплекса фундаментальных исследований получение данных, необходимых для рационального использования природных ресурсов и управления процессами, протекающими в биосфере. В рамках этой программы и была создана сеть охраняемых природных территорий, названных биосферными заповедниками.

***Биосферные заповедники** — это охраняемые, наиболее характерные, эталонные участки биосферы, созданные в различных географических зонах Земли. Считается, что территория биосферного заповедника практически не испытывает воздействия окружающих ландшафтов, преобразованных человеком. Главная **цель** создания биосферных заповедников — сохранение в естественном виде природных экосистем, а также постоянный и всесторонний контроль за различными изменениями, протекающими в биосфере (экологический мониторинг).

Основные **задачи** биосферных заповедников заключаются в сохранении разнообразия и целостности сообществ растений и животных в пределах природных экосистем, в проведении долгосрочных научных исследований в измененных и приближенных к естественным условиям экосистемах.

Все биосферные заповедники мира проектируются по единой принципиальной схеме. Она обычно включает три зоны (рис. 127).

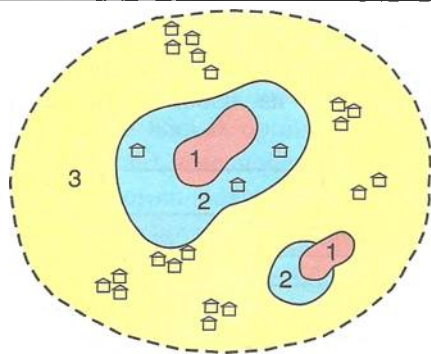


Рис. 127. Зоны биосферного заповедника (схема): 1 — ядро (охрана природы и мониторинг); 2 — буферная зона (научные исследования, образование, туризм); 3 — переходная зона (сотрудничество с местным населением, традиционное землепользование)

В центре находится **ядро** заповедника, в котором охраняется биологическое разнообразие животных и растений. Это абсолютно заповедная территория, где запрещены все виды хозяйственной деятельности. Любое вмешательство человека, кроме проведения научных исследований, недопустимо.

Вокруг ядра формируется более широкая **буферная**, или **научно управляемая**, зона. Здесь частично разрешены те виды деятельности, которые совместимы с поддержанием устойчивости природных экосистем. Ведется наблюдение за структурой и функционированием экосистемы, когда она подвергается различным видам антропогенного воздействия и использования.

За буферной идет **охранная**, или **переходная**, зона, предназначенная для снижения негативного влияния прилегающих хозяйственных территорий на природные комплексы заповедника. Режим ведения хозяйства в буферной зоне согласуется с администрацией заповедника.

Первые биосферные заповедники были организованы во второй половине 70-х гг. прошлого века. К 1984 г. их число в 58 странах мира составляло 226, к 1985 г. — 243 (60 стран), а к 1995 г. — 325 (82 страны).*



Березинский биосферный заповедник (рис. 128) — это комплекс хвойных лесов, которые перемежаются верховыми и низинными болотами и поймами рек (их в заповеднике 69). Площадь заповед-



Рис. 128. Березинский биосферный заповедник

ника 82 тыс. га. Он был создан в 1925 г. в целях охраны и размножения *бобров*. На территории заповедника выделено 6 зон: абсолютно заповедная (42,7 % территории), буферная, экспериментально-хозяйственная, экскурсионная, охранная (шириной 2 км) и гидрологическая (шириной 5 км). В Березинском биосферном заповеднике, имеющем мировое значение, обитают 56 видов птиц и 37 видов растений, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. Сегодня общее количество биологических видов в Березинском заповеднике превышает 6 тыс.

Заказники — это участки природной территории, где временно или постоянно запрещены отдельные формы хозяйственной деятельности человека. Они представляют интерес в научном, познавательном-воспитательном и культурном отношении. Организация заказников — это форма охраны природных комплексов. В заказниках устанавливается частичный режим



охраны и допускается деятельность человека, не наносящая ущерба объектам охраны. Здесь охраняются отдельные компоненты природных экосистем, многие виды живых организмов, ценные объекты природы или живописные типы ландшафтов. Обычно заказники организуются для увеличения численности диких животных в природных условиях и для восстановления ресурсов ценных растений — лекарственных, эфиромасличных, декоративных и др. Заказники выполняют чисто ресурсные функции.

По своему назначению заказники делятся на *комплексные, ботанические, зоологические, гидрологические, геологические, озерные, ландшафтные, охотничьи, мемориальные* и др. В Республике Беларусь на 1 января 2006 г. было зарегистрировано 99 заказников республиканского значения и 428 — местного.

Во многих странах мира существуют охраняемые территории, которые по своему назначению и режиму охраны близки заказникам — **резерваты**. Много резерватов в Англии, Германии, США, Швеции. В резерватах Австралии охраняются редкие сумчатые млекопитающие. Белорусский ландшафтный заказник «Прибужское Полесье» включен в список Всемирного объединения биосферных резерватов, находящихся под защитой ЮНЕСКО.

Национальные парки — обширные участки территории, включающие охраняемые природные ландшафты.

Задачи национальных парков несколько отличаются от задач заповедников и заказников. В заповедниках главное — сохранение разнообразия видов и всей экосистемы, а в национальных парках — создание условий для организованного отдыха людей на лоне хорошо сохранившейся природы.

В национальных парках могут быть зоны с полной изоляцией от посетителей (т. е., по существу, заповедники) и зоны, где разрешены посещения туристов. В посещаемой части парка прокладывают специальные тропы и дороги для передвижения туристов, выделяют места для стоянок. Там же строят гостиницы, дома для летних ночлегов (приюты), создают игровые площадки и т. п. При правильной организации туристы, получая пользу от общения с природой и укрепляя здоровье, не наносят экосистеме вреда. Ходить не по дорожкам, тем более разжигать костры в национальных парках запрещается. Однако (в допустимых пределах и по лицензии) могут быть разрешены сбор грибов, ягод, ловля рыбы, охота.

В Республике Беларусь 4 национальных парка: **Беловежская пуща, Браславские озера, Нарочанский и Припятский**.

Режим охраны в национальных парках более мягкий, чем в заповедниках. Вся инфраструктура национальных парков подчинена созданию максимально благоприятных условий для отдыха людей. Участки парка,



предназначенные для отдыха, располагаются на менее ценных и более устойчивых к антропогенным нагрузкам землях. Заповедная же часть парка является резерватом природы, доступ в нее разрешается лишь в научных и познавательных целях.



Первый в мире национальный парк — Йеллоустонский — был создан в США в 1872 г. Он располагается в зоне хвойных лесов и занимает площадь в 898 тыс. га. На его территории находится около 3000 гейзеров и горячих источников. Идею создания национальных парков подхватили Мексика (национальные парки Дезирто де Лос Леоне — 1876 г., Эль Чико — 1898 г.) и Канада (национальные парки Глейшерский — 1886 г., Банфский — 1887 г.). В Европе первые национальные парки были организованы в Швеции в 1909 г. (Сарек, Стора Сейффаллет и Пелекайсе).

Рамсарские угодья — это еще один вид особоохраняемых территорий. Они имеют международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц.

Конвенция об этих угодьях была принята в 1971 г. в г. Рамсар (Иран). Сейчас к Рамсарскому соглашению присоединились 150 стран (Республика Беларусь — в 1999 г.). Всего в Беларуси статус Рамсарского угодья присвоен восьми заповедным местам

(заказники «Споровский», «Средняя Припять», «Ольманские болота», «Ельня», «Званец», «Освейский», «Котра», «Простырь»).

Памятники природы — это природные достопримечательности, имеющие научное, историческое или культурно-эстетическое значение, а также объекты природы, связанные с какими-либо историческими событиями или лицами. Обычно это охраняемые территории небольшого размера. Памятниками природы являются исторически ценные или вековые деревья, водопады, пещеры, геологические обнажения, ледниковые валуны, водоемы, места исторических событий, старинные аллеи, парки и т. п.

Кроме указанных категорий охраняемых природных территорий, выделяются также ландшафтные и дендрологические парки, ботанические сады. Органы местного самоуправления могут устанавливать и иные категории охраняемых территорий — зеленые зоны вокруг городов и санитарно-курортных комплексов, городские леса, парки, памятники садово-паркового искусства и др. Не подлежат рубке лесные массивы у истоков и по берегам водоемов, т. е. водоохранные леса.



1. Какие формы особоохраняемых территорий функционируют в мире? Какие функции они выполняют? **2.** Чем отличается заповедник от национального парка? **3*.** Что такое биосферный заповедник? **4*.** Как зонировается территория биосферного заповедника? **5*.** Почему необходимо международное сотрудничество в деле охраны природы? **6.** Какие охраняемые территории находятся в вашей местности?



*64. Мониторинг состояния окружающей среды

Понятие о мониторинге. Под влиянием деятельности человека в биосфере достаточно быстро и в широких масштабах происходят различного рода изменения. Это требует всестороннего и постоянного анализа состояния окружающей среды. Для этого необходимы сведения о возможных отклонениях, например в биопродуктивности, либо о возможных климатических изменениях. Поэтому и ведутся регулярные наблюдения за состоянием биосферы и ее реакциями на антропогенные воздействия. Только на основании точных количественных данных можно принимать решения о проведении необходимых мероприятий, предупреждающих ухудшение состояния окружающей среды.

Комплексная система долгосрочных наблюдений с целью оценки и прогноза изменений состояния биосферы или ее отдельных компонентов под влиянием антропогенных воздействий называется мониторингом. Термин «мониторинг» (англ. *monitoring*, от лат. *monitor* — следящий, слежение) появился в связи с проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (1972 г.).

Созданная в 1973 г. Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) предусматривала организацию и координацию исследований по охране окружающей среды, в том числе создание всемирной системы станций

слежения (мониторинга) за ее состоянием.

Цели и задачи мониторинга. На первом межправительственном совещании по мониторингу (Кения, 1974 г.), созванном Советом ЮНЕП, были определены основные цели и задачи глобальной системы мониторинга окружающей среды (рис. 129).

Основная цель мониторинга — максимально раннее предупреждение нежелательных последствий антропогенного воздействия.

При проведении мониторинга необходимо не только наблюдать за изменениями в биосфере, но и научиться предсказывать, прогнозировать нежелательные последствия вмешательства человека в установившееся природное равновесие.

Мониторинг охватывает наблюдения за источниками и факторами антропогенных воздействий — химическими, физическими и биологическими воздействиями на окружающую среду, а также за реакцией биологических систем на эти воздействия. Слежение и контроль за состоянием и изменением природных экосистем предполагают наличие широко разветвленной сети объектов наблюдений, представляющих различные компоненты этих экосистем.

Выделяют несколько этапов организации мониторинга окружающей среды. Первый этап — инвентаризация



природных объектов, второй — выбор объектов мониторинга, третий — организация регулярных наблюдений, четвертый — систематизация и анализ полученной информации.

Типы мониторинга. В зависимости от уровня, на котором проводятся исследования, различают мониторинг локальный, региональный и глобальный.

Локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический, санитар-

но-токсикологический) мониторинг осуществляет контроль за:

- состоянием окружающей среды конкретной местности;
- степенью загрязнения природных объектов вредными веществами;
- воздействием этих загрязнителей на человека и живые организмы в целом (совокупность флоры, фауны и микроорганизмов);
- наличием в окружающей среде аллергенов, патогенных организмов, пыли;

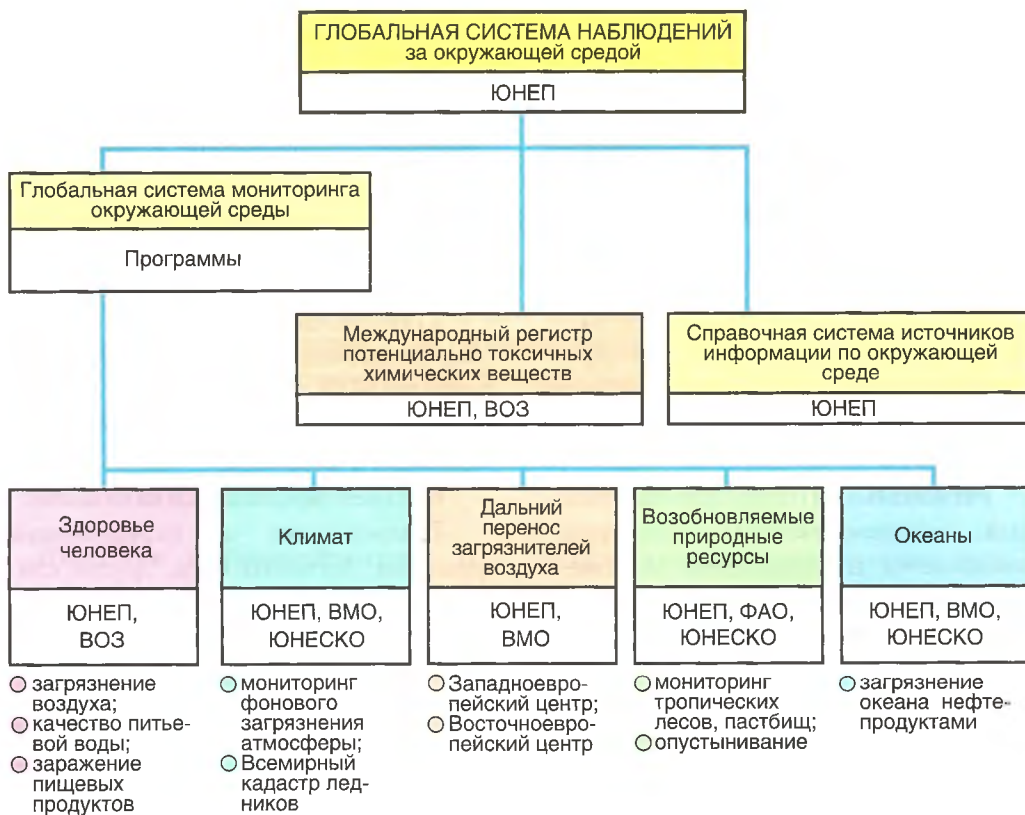


Рис. 129. Глобальная система наблюдений (мониторинга) за окружающей средой



- содержанием в атмосфере оксидов азота и серы, тяжелых металлов;
- качеством водоемов, степенью их загрязнения и т. д.

Объектами мониторинга являются: приземные слои атмосферы, поверхностные и грунтовые воды, почвы, промышленные и бытовые стоки и выбросы, радиоактивные излучения и отходы.

Локальный мониторинг осуществляют различные службы: *гидрометеорологическая* (метеостанции, гидропосты, обсерватории), *санитарно-гигиеническая, эпидемиологическая* (санэпидемстанции) и др.

При локальном мониторинге состояние окружающей среды оценивается с точки зрения здоровья человека, что служит самым важным, емким и комплексным показателем состояния окружающей среды.

Локальный мониторинг дает экспресс-информацию о состоянии окружающей среды и очень важен для всех районов, городов, населенных пунктов.

Региональный (природохозяйственный, геоэкологический) мониторинг заключается в наблюдении за изменениями в экологических системах, природных комплексах, в наблюдении за их продуктивностью, динамикой запасов полезных ископаемых, водных, земельных и растительных ресурсов. Региональный мониторинг осуществляют гидрометеорологическая служба, сельскохозяйственные опытные

станции, гидромелиоративные станции и др.

Глобальный (биосферный) мониторинг осуществляет контроль за состоянием окружающей среды в глобальном масштабе, наблюдение за изменениями в природе, прогноз возможных изменений биосферы и всей географической оболочки Земли в результате хозяйственной деятельности человека.

Объектами глобального мониторинга являются:

- 1) радиационный баланс планеты;
- 2) прозрачность атмосферы и ее антропогенное изменение, состояние озонового слоя, развитие парникового эффекта, формирование и выпадение кислотных осадков;
- 3) мировой водный баланс и загрязнение Мирового океана (в том числе случаи аварий на морях и океанах);
- 4) крупномасштабные изменения в биогеохимических циклах элементов и веществ (CO_2 , O_2 , N, P, S, H_2O и др.);
- 5) энергообмен географической оболочки с космосом;
- 6) изменение климата на планете;
- 7) зарождение и передвижение ураганов, песчаных бурь, другие стихийные и техногенные катастрофические явления глобального масштаба;
- 8) мировая миграция птиц, насекомых и других животных.

В целях проведения глобального мониторинга по всему миру создается сеть биосферных заповедников. Разнообразные данные, полученные там, обра-



бываются и поступают в центры мониторинга, где проводится их всесторонний анализ и делаются прогнозы.

По методам ведения различают мониторинг дистанционный и наземный. *Дистанционный* мониторинг — это совокупность авиационных и космических методов наблюдения. Начиная с 60-х гг. прошлого века огромную роль в организации глобального мониторинга стали играть методы космической съемки.

Дистанционное зондирование Земли включает все работы, связанные с исследованием состояния окружающей среды из космоса. Особенно эффективны космические исследования, которые сочетаются с аэровизуальными методами и наземными наблюдениями. Дистанционное зондирование Земли

проводится с искусственных спутников, пилотируемых космических кораблей, орбитальных станций. Космические методы широко используются при проведении экологических исследований в России, США, Франции и других странах мира.

Наземный мониторинг осуществляется физико-химическими и биологическими методами. Исследуются все компоненты природной среды (атмосферный воздух, недра, почва, поверхностные и подземные воды, растительность, животный мир, наземные и водные экосистемы в целом), на которые распространяется антропогенное воздействие.

Для глобального мониторинга сегодня все чаще применяется компьютерное моделирование.



1. Что такое мониторинг? **2.** Входит ли в задачу мониторинга регулирование состояния окружающей среды? **3.** Какие методы используются при проведении мониторинга? **4.** Назовите основные виды мониторинга и дайте им краткую характеристику. **5.** Расскажите о применении космических съемок для мониторинговых исследований.*

*65. Биоиндикация

Понятие о биоиндикации. В условиях глобального загрязнения окружающей среды перед учеными встала задача своевременной и быстрой оценки происходящих в природе изменений. Одним из способов решения этой проблемы является применение такого метода мониторинговых исследований природных

экосистем, как биологическая индикация.

Биоиндикация — метод определения состояния и степени загрязнения (в том числе антропогенного) различных экосистем с помощью живых организмов (**биоиндикаторов**). В качестве биоиндикаторов используются бактерии, грибы, водоросли, ли-



шайники, мхи (рис. 130), некоторые хвойные растения и животные (чаще беспозвоночные).

Реакция животных, растений, грибов и других организмов на воздействие антропогенных факторов не однозначна. Например, многие растения сильно страдают от высоких концентраций некоторых загрязнителей и в итоге, особенно при их длительном воздействии, погибают. В то же время некоторые виды лишайников и мхов способны выдерживать длительное воздействие загрязнителей, сохраняя при этом свою жизненную структуру и накапливая в организме значительное количество загрязняющих веществ. Содержание и состав загрязняющих веществ затем определяются в лабораторных условиях, и на основе полученных результатов делаются выводы.

В основу биоиндикации положена способность организмов накапливать в тканях и органах загрязняющие вещества или их производные, а также изменять свой химический состав и физиологические особенности на уровне популяции.

Использование биоиндикации в качестве сигнальной информации имеет множество преимуществ: это высокая чувствительность живых организмов к изменениям состояния воды, воздуха и почвы, интегральный характер данных и возможность анализировать различные образцы в одной лаборатории по единой схеме.

Биоиндикация загрязнения воздуха по состоянию хвои сосны.

Степень чистоты воздуха можно определить, например, по состоянию хвои сосны.

В незагрязненных лесных экосистемах основная масса хвои сосны здорова, не имеет повреждений. Лишь небольшая часть хвоинок имеет светло-зеленые пятна и некротические (отмершие) точки микроскопических размеров, равномерно рассеянные по всей поверхности. При хроническом загрязнении оксидом серы(IV) наблюдаются более серьезные повреждения (черные и желтые пятна) и даже опадание хвои. Снижается средняя продолжительность жизни хвои (появляются хвоинки с усыханием). В зоне техногенного загрязнения отмечается снижение массы хвои на 30—60 % по сравнению с контрольными (чистыми) участками.

Лихеноиндикация. Одним из параметров биоиндикации является **лихеноиндикация** — определение состояния и степени загрязнения природной среды с помощью лишайников (греч. *leichen* — лишайник).

Известно, что лишайники особенно чутко реагируют на загрязнение атмосферы токсическими веществами. Прорастая на различных субстратах, в разных местообитаниях, они являются одними из самых надежных и доступных индикаторов состояния воздуха. Лишайники своими слоевищами активно поглощают атмосферные осадки и

находящиеся в воздухе вредные вещества. По количеству вредных веществ, содержащихся в лишайниках, можно судить о степени загрязненности территории. Лишайники быстро погибают в крупных городах, а также вблизи заводов и фабрик.

Использование лишайников дает положительные результаты при биологической индикации SO_2 , соединений фтора, тяжелых металлов и других загрязнителей в атмосфере. Лишайники позволяют наблюдать за динамикой загрязнения в течение 20—25 лет. Хотя лишайники не могут заменить дорогостоящую измерительную аппаратуру, они дополняют данные, полученные физико-химическими методами.



Изучение лишайников в крупных городах мира (Париже, Мюнхене, Цюрихе, Хельсинках, Лондоне, Нью-Йорке и др.) выявило ряд общих закономерностей. Чем больше индустриализован город, чем больше загрязнен в нем воздух, тем меньше видов лишайников встречается в его границах, тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев и других субстратах, тем ниже их жизнеспособность.

Каждому уровню загрязнения воздушной среды соответствует свой набор видов лишайников. Видовой состав лишайников в различных частях города (в центре, индустриальных районах, парках, периферийных зонах) настолько различен, что исследователи выделяют в пределах городов так называемые зоны лишайников. Зона нормальной жизнедеятельности характеризуется максимальным видовым разнообразием, в том числе присутствием кустистых форм. Зона нормальной жизнедеятельности характерна для периферийных и пригородных районов (содержание SO_2 в воздухе менее $0,05 \text{ мг/м}^3$).

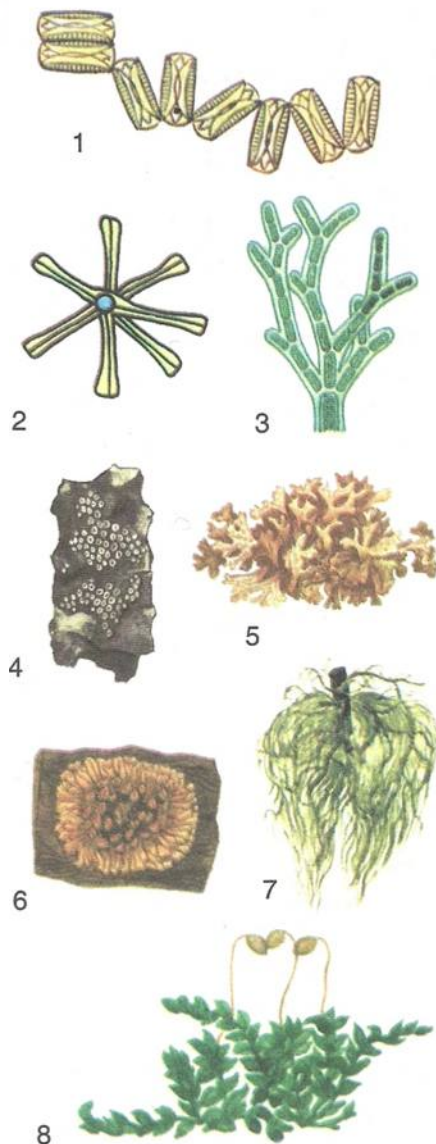


Рис. 130. Биоиндикаторы: водоросли (1 — табеллярия; 2 — астерионелла; 3 — кладофора); лишайники (4 — леканора; 5 — цетрария; 6 — ксантория; 7 — уснея); 8 — мох мниум



В зоне угнетения видовой состав лишайников беден. Он представлен в основном *фисциями*, *леканорами*, *ксанториями*. Эта зона характерна для районов города со средней загрязненностью воздуха (содержание SO_2 0,05 — 0,2 мг/м³). «Лишайниковая пустыня» практически не содержит лишайников. Это центр и промышленные районы города с сильно загрязненным воздухом (содержание SO_2 свыше 0,3 мг/м³).

Бриоиндикация. В качестве биоиндикаторов можно также использовать широко распространенные в наших лесах виды *зеленых мхов* (**бриоиндикация**, греч. *bryon* — мох). Их применяют в странах Западной и Северной Европы для мониторинга содержания в воздухе и почве солей тяжелых металлов.

Альгоиндикация. В качестве индикаторов загрязнения воды и почв органическими веществами наряду с другими организмами используются водоросли (**альгоиндикация**, лат. *alga* — водоросль). Преобладание в пробах воды *хлореллы*, *политомы*, *хламидомонад* приурочено к местам сброса органических стоков, к местам «гниения». Напротив, преобладание в планктоне диатомовых водорослей (*табелярии*, *диатомы*, *синедры*, *астерионеллы* и др.), а также наличие в бентосе самой крупной водоросли — *кладофоры* — указывает на умеренное, почти естественное загрязнение водоема.

Биоиндикация качества среды по животному населению. Объектами мониторинга нередко являются насекомые, поскольку они быстро

реагируют на воздействия человека, обитают повсеместно и доступны для количественного учета. Например, было установлено, что в районе золоторудных месторождений увеличивается содержание золота в *майских жуках*.

Известны случаи, когда под влиянием загрязнения среды меняется цвет насекомых, например *божьих коровок*. Высказана гипотеза, что потемнение божьих коровок в некоторых промышленных центрах — реакция на ухудшение освещения в результате загрязнения атмосферы.

Состояние обширной территории можно охарактеризовать с помощью анализа меда *пчел*. Американские исследователи показали, что в пробах меда обнаруживается до 47 различных металлов и других химических элементов. Пчелы выносливы по отношению к воздействию многих химических препаратов, поэтому медоносных пчел можно эффективно использовать в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды.



Первые опыты по использованию медоносных пчел для биологического мониторинга были проведены в 1974 г. в штате Монтана, где изучали степень ущерба, нанесенного природе выбросами работающей на каменном угле ТЭЦ. Интенсивное изучение возможности использования медоносных пчел для биологического мониторинга началось в 1981 г. Радиус сбора нектара пчелами, как правило, составляет 1,5 км (иногда до 6 км) от улья, поэтому пчелиный мед является достоверным индикатором состояния окружающей



среды в данной местности. Полученные данные показали, что содержание загрязнителей в меде прямо пропорционально связано с их содержанием в окружающей среде.

В качестве биологического теста чистоты воды могут использоваться аквариумные *золотые рыбки*. Их помещают в специальный аквариум с речной водой. Если вода загрязнена, они начинают метаться, биться о стенки, иногда погибают.

Дафнии — наиболее часто используемый тест-объект для определения токсичности воды. Метод позволяет определить токсичность сточных и природных вод. Критерием высокой

токсичности является гибель 50 и более процентов дафний в анализируемой воде по сравнению с контролем в течение 24, 48 или 96 ч.

Хорошими биоиндикаторами содержания некоторых тяжелых металлов могут служить *дождевые черви*. Эти животные способны аккумулировать в своих тканях цинк, медь, свинец и особенно кадмий.

Таким образом, использование различных видов живых организмов в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды позволяет проводить оперативную достоверную оценку изменений ее качества.



1. Что представляет собой биоиндикация? **2.** Какие природные биологические индикаторы качества среды вы знаете? **3.** Что такое лишеноиндикация? бриоиндикация? альгоиндикация?*



От авторов	3
------------------	---

Глава 1 БИОСФЕРА — ЖИВАЯ ОБОЛОЧКА ПЛАНЕТЫ

1. Биосфера и ее границы	6
*2. Биосфера и космос	10
3. Живое вещество биосферы	14
4. Вещество и его передвижение в биосфере	18
*5. Свойства живого вещества	22
6. Биогеохимические функции живого вещества	24
7. Круговорот веществ в биосфере	28
*8. Эволюция и стабильность биосферы	33

Глава 2 ЭКОСИСТЕМА — ОСНОВНАЯ СТРУКТУРНАЯ ЕДИНИЦА БИОСФЕРЫ

9. Биоценоз и биотоп — взаимосвязанные элементы экосистемы	38
10. Видовая структура биоценоза	42
11. Пространственная структура биоценоза	45
12. Экосистема. Биогеоценоз. Структура экосистемы. Устойчивость экосистем	49
13. Цепи и сети питания. Трофические уровни. Экологические пирамиды	53
14. Продуктивность экосистем	60
15. Биотические связи организмов в экосистемах. Конкуренция — вид биотических связей ...	62
16. Взаимодействие хищник—жертва	66
17. Симбиоз как форма биотических взаимоотношений	71
*18. Динамика экосистем	74
19. Смена биоценозов во времени. Экологические сукцессии	78
*20. Разнообразие экосистем	82
21. Агроэкосистемы и их особенности	88

Глава 3 вид и популяция

22. Вид. Признаки и критерии вида	92
23. Популяция — единица вида	95
24. Структура популяций	100
25. Динамика численности популяций и ее регуляция	104

Глава 4 ОРГАНИЗМ И СРЕДА

26. Среда жизни. Водная среда	110
27. Наземно-воздушная и почвенная среды	116
28. Живые организмы как среда жизни	121
29. Экологические факторы	125
30. Закономерности действия факторов среды на организм	128
31. Свет и его воздействие на организм	133



32. Тепло как экологический фактор	138
33. Влажность как экологический фактор	142
*34. Биологические ритмы и фотопериодизм	147

Глава 5 ЧЕЛОВЕК В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

35. Здоровье человека как показатель его адаптации к окружающей среде	154
36. Реакции организма человека на изменение факторов среды	158
37. Влияние абиотических факторов на здоровье человека. Космические и геофизические факторы	161
38. Влияние климатических и почвенных факторов на здоровье человека	164
39. Пища и здоровье	169
*40. Пищевые добавки	173
41. Влияние биотических факторов на здоровье человека	176
42. Влияние антропогенных факторов на здоровье человека. Ядохимикаты. Минеральные удобрения	180
43. Тяжелые металлы. Сильнодействующие отравляющие промышленные вещества	185
44. Шумовое загрязнение. Вибрация	189
45. Радиоактивное излучение и его воздействие на человека	193
46. Проникновение радионуклидов в организм человека. Способы уменьшения поступления радионуклидов	197
47. Снижение действия внешнего облучения. Пути выведения радионуклидов из организма человека	202

Глава 6 ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА

48. Современный экологический кризис, его причины и тенденции	208
*49. Взаимодействие человека и природы	210
50. Демографический взрыв и проблемы продовольственного обеспечения	214
*51. Причины роста населения Земли	218
52. Истощение природных ресурсов	220
53. Истребление лесного покрова. Сокращение биоразнообразия	225
54. Загрязнение окружающей среды	231
*55. Сельскохозяйственное загрязнение	235
56. Озоновый экран и причины его разрушения	237
57. Глобальное потепление и парниковый эффект	241
58. Проблема кислотных дождей	244
*59. Отличительные черты экологических отношений человека и природы	248
60. Поиски альтернативных путей развития человечества	251
61. «Концепция устойчивого развития»	254
62. Рациональное природопользование и охрана природы	257
63. Охраняемые природные территории	262
*64. Мониторинг состояния окружающей среды	268
*65. Биоиндикация	271

Учебное издание

Камлюк Лилия Васильевна
Лемеза Николай Алексеевич
Лисов Николай Дмитриевич

БИОЛОГИЯ

Учебное пособие для 10 класса
общеобразовательных учреждений
с русским языком обучения
с 12-летним сроком обучения
(базовый и повышенный уровни)

2-е издание

Зав. редакцией *В. Г. Бехтина*. Редактор *Е. В. Литвинович*. Оформление *А. А. Хотеева*. Художественный редактор *В. И. Козлов*. Технический редактор *М. И. Чепловодская*. Компьютерная верстка *М. И. Чепловодской, О. М. Холодинской, Г. А. Дудко*. Корректоры *В. С. Бабеня, Т. Н. Ведерникова, Д. Р. Лосик, Е. П. Авдей, О. С. Козицкая*.

Подписано в печать с диапозитивов 09.02.2007. Формат $70 \times 90^{1/16}$. Бумага для ВХИ. Гарнитура литературная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 20,48 + 0,29 форз. Усл. кр.-отт. 83,7. Уч.-изд. л. 17,6 + 0,4 форз. Тираж 110 500 экз. Заказ 21.

Издательское республиканское унитарное предприятие «Народная асвета» Министерства информации Республики Беларусь. ЛИ 02330/0131732 от 01.04.2004.
220004, Минск, проспект Победителей, 11.

Республиканское унитарное предприятие «Минская фабрика цветной печати».
220024, Минск, Корженевского, 20.

Камлюк, Л. В.

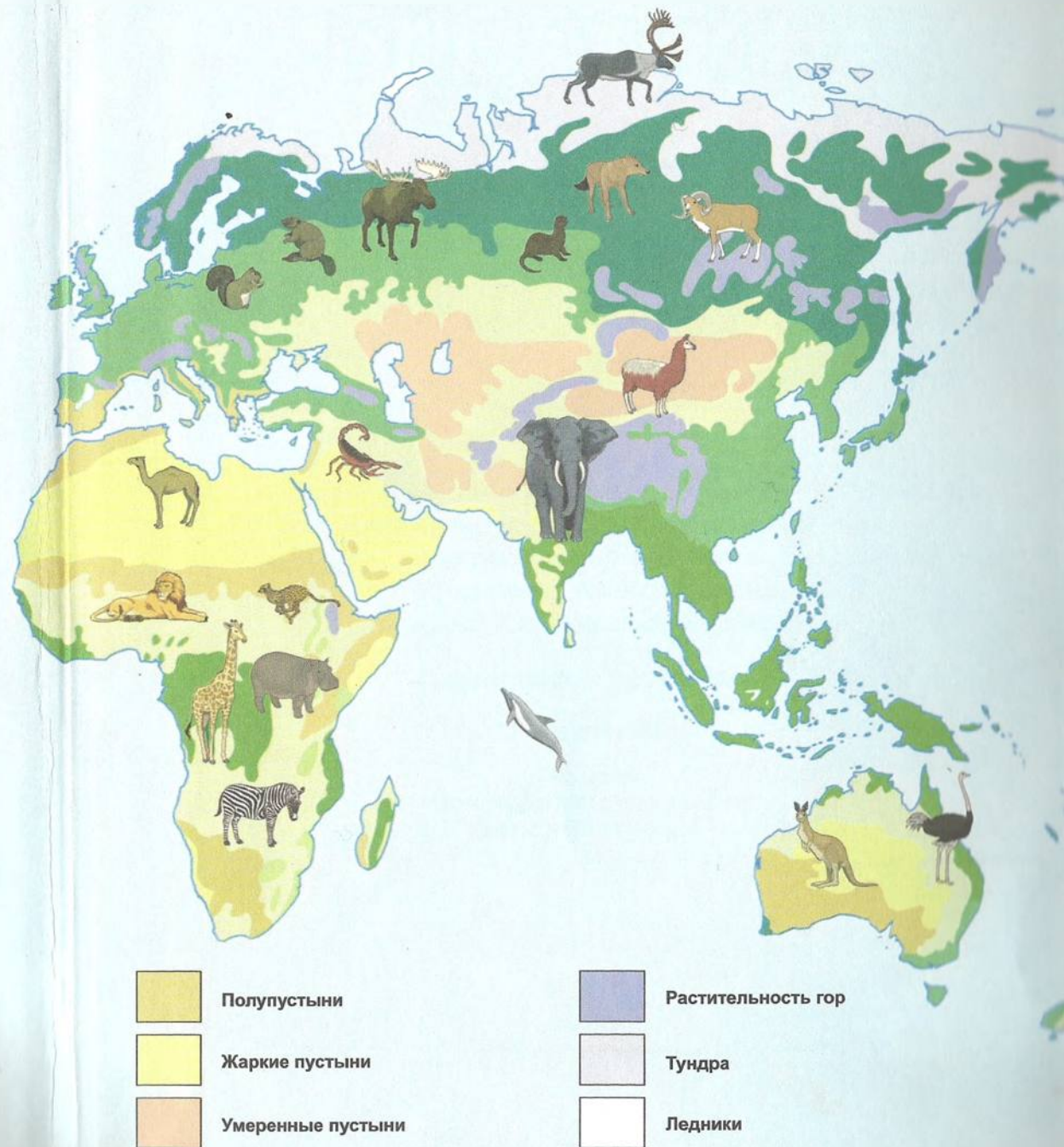
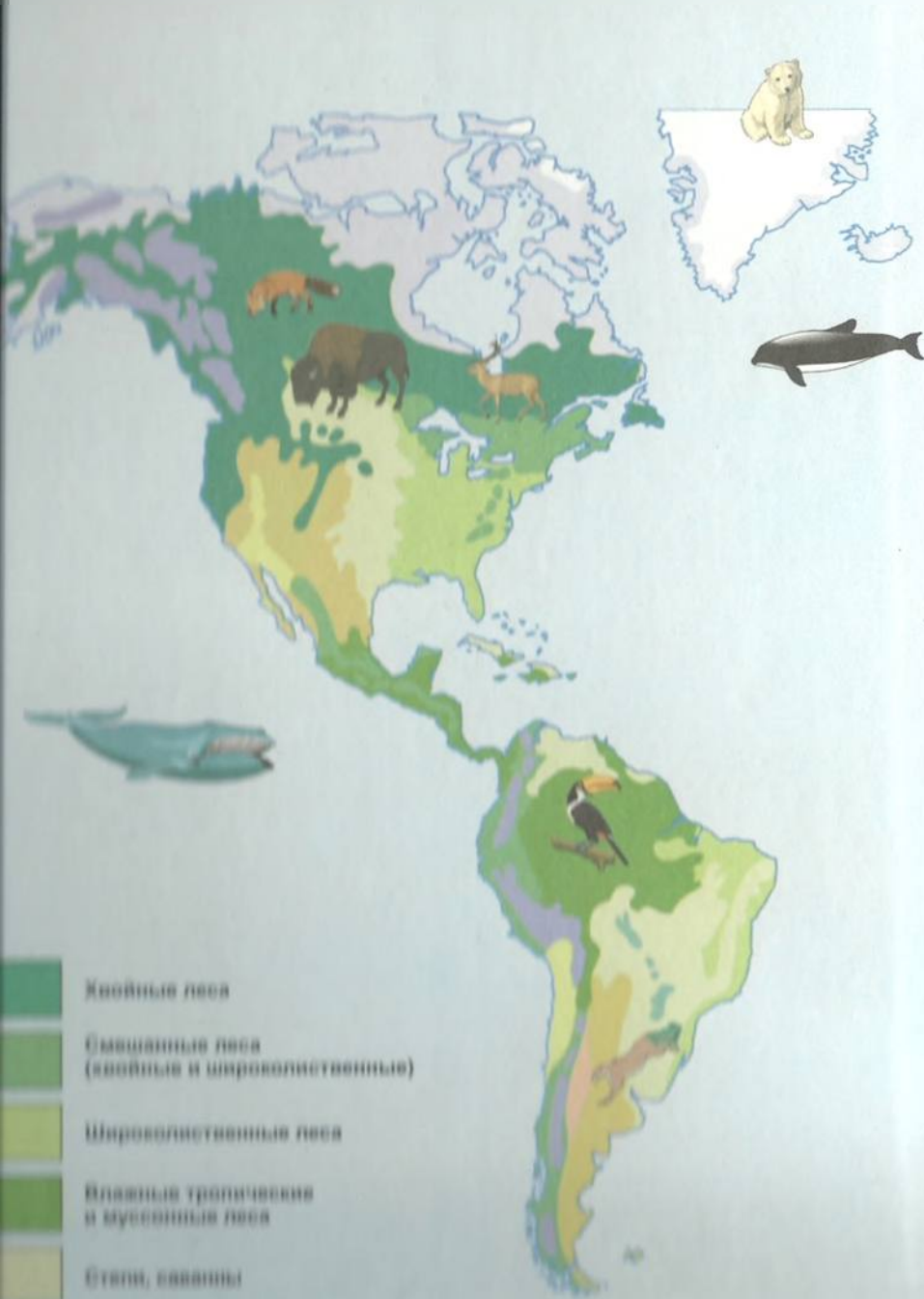
К18 Биология : учеб. пособие для 10-го кл. общеобразовательных учреждений с рус. яз. обучения с 12-летним сроком обучения (базовый и повышенный уровни) / Л. В. Камлюк, Н. А. Лемеза, Н. Д. Лисов; под ред. Л. В. Камлюк. — 2-е изд. — Минск : Нар. асвета, 2007. — 277 с. : ил.

ISBN 978-985-12-1761-4.

УДК 57(075.3=161.1)

ББК 28.0я721

ЖИЗНЬ НА ЗЕМЛЕ



Основные охраняемые территории Республики Беларусь



Заповедники

Национальные парки

Заказники республиканского значения

- ландшафтные
- биологические
- гидрологические





«Народная асвета»

ISBN 978-985-12-1761-4

