ЭКОЛОГИЯ

Н. М. ЧЕРНОВА, В. М. ГАЛУШИН, В. М. КОНСТАНТИНОВ

10(11)

КЛАСС

ДРОФА

Н. М. ЧЕРНОВА, В. М. ГАЛУШИН, В. М. КОНСТАНТИНОВ

ЭКОЛОГИЯ

10(11) КЛАСС

УЧЕБНИК
ДЛЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
УЧРЕЖДЕНИЙ

◆

Под редакцией профессора Н. М. Черновой

◆

Рекомендовано
Министерством образования и науки
Российской Федерации

11-е издание, исправленное

ДРОФА

Москва · 2007

УДК 373.167.1:574
ББК 20.1я72
Ч-49

Чернова, Н. М.
Ч-49 Экология. 10 (11) кл. : учеб. для общеобразоват. учреждений / Н. М. Чернова, В. М. Галушин, В. М. Константинов ; под ред. Н. М. Черновой. — 11-е изд., испр. — М. : Дрофа, 2007. — 302, [2] с. : ил.

ISBN 978-5-358-02817-3

УДК 373.167.1:574
ББК 20.1я72

ISBN 978-5-358-02817-3

© ООО «Дрофа», 1999
© ООО «Дрофа», 2007, с изменениями

Как работать с учебником

Внимательно прочитайте основной текст параграфа. Рассмотрите иллюстрации к нему. Наиболее важные формулировки и заключения набраны другим шрифтом и даны с красной строки. Обратите на них особое внимание, подумайте, все ли в них вам понятно. Проверьте, правильно ли вы усвоили значение терминов, выделенных в тексте курсивом и перечисленных еще раз в конце параграфа. Выпишите термины в свой экологический словарик. Основная идея кратко сформулирована в конце каждого параграфа рядом с терминами. Обратите внимание на примеры и дополнительную информацию. После них помещены вопросы и задания. Проверьте по ним, как вы усвоили материал. Для ответа на некоторые вопросы потребуются дополнительные знания, в том числе и по другим предметам.

Экологические связи в природе основаны на количественных закономерностях. Поэтому в книге приводится некоторый набор цифровых задач и заданий.

Темы для дискуссий приведены для свободного выбора со стороны учащихся или учителя. При работе над параграфом обязательно познакомьтесь со всеми темами и подумайте, почему они предложены именно в данном параграфе.

При подготовке к следующему уроку обязательно просмотрите рубрику «Вспомните» (если она есть к данному параграфу) и, если вы забыли нужные термины, обратитесь к учебникам или справочникам, это облегчит вам понимание нового материала.

Желаем успехов!

Введение

Предмет экологии. Ее разделы

Экология — это наука о связях живых организмов с окружающей средой. Эти связи образуют единую и очень сложную систему, которую мы называем жизнью на Земле.

Человечество тоже часть этой жизни. Оно возникло как результат развития живой природы, связано с нею всеми корнями, существует за ее счет. Название экологии образовано сочетанием двух греческих слов: «ойкос», что означает «дом, жилище», и «логос» — наука, изучение. Название это ввел немецкий зоолог Эрнст Геккель в 1866 г. Образно говоря, экология — это наука о том, как жить в собственном доме. Для одних видов дом — это крошечный участок среды, как, например, чашечка цветка для живущего в ней насекомого, а для других — широкое пространство материков или океанов. Дом современного человечества — вся планета Земля, теперь уже вместе с прилегающим космическим пространством.

Жизнь — это самое сложное явление в окружающем нас мире. Она изучается целой системой биологических наук, каждая из которых исследует определенные стороны жизни. Систематика, анатомия и морфология разных групп организмов, ботаника, зоология, микробиология, цитология, гистология, генетика, физиология, палеонтология, эволюционное учение и многие другие — все это биологические науки. В центре внимания экологии тоже живые объекты. Ее задачи — изучить, как выживают различные виды в постоянно изменяющихся на Земле условиях, что объединяет их с внешним миром, какие законы позволяют жизни сохранять устойчивость при колебаниях и нарушениях внешней среды. Таким образом, экология тесно связана и с теми науками, которые изучают законы неживой природы. Можно сказать, что экология изучает взаимодействия живой и неживой природы.

Современное человечество, вооруженное техникой и использующее огромное количество энергии, представляет могучую силу, воздействующую на природу Земли. Если эти воздействия не учитывают природных

законов и разрушают установившиеся за миллионы лет связи, возникают катастрофические последствия. Люди уже столкнулись с целым рядом природных катастроф, вызванных их деятельностью, и обеспокоены тенденцией нарастания неустойчивости природы. Поэтому экология в настоящее время приобретает особое значение как наука, помогающая найти пути выхода из возникающего кризиса. Все современное благополучие человечества и дальнейшая судьба зависят от общей системы жизни на нашей планете. Раскрывая законы связей, на которых основана устойчивость жизни, люди все глубже понимают, как нужно изменить и организовать свои собственные отношения с природной средой, по каким принципам развивать и использовать свою техническую вооруженность. Эти возможности во многом зависят от социального устройства общества.

Э. Геккель (1834—1919)

крупный немецкий биолог, автор названия науки «экология»

Поэтому две главные составные части современного экологического знания — это общая, или фундаментальная, экология, изучающая всю живую природу в целом, и социальная экология, изучающая взаимосвязи человеческого общества с природой. Отсюда вытекают правила и приемы рационального природопользования, охраны природы и окружающей человека среды. В соответствии с этим предлагаемый учебник состоит из двух частей: **«Общая экология»** и **«Социальная экология»**.

Главное назначение этой книги — помочь понять, как много подсказывает нам сама живая природа для грамотного хозяйствования на Земле, и задуматься над взаимоотношениями природы и общества.

Организация жизни на Земле

Разделы общей экологии, посвященные изучению организмов, популяций, биоценозов и экосистем, отражают сложность жизни на Земле. Жизнь на нашей планете не хаотична. Она представляет достаточно упорядоченную систему, состоящую как бы из нескольких уровней. Прежде всего, живая природа состоит из великого множества разнообразных *организмов*. Организменный уровень — это первый уровень организации жизни, так как вне организмов (например, в растворах, осадках, кристаллах и т. п.) жизнь не проявляется. Организмы могут быть разной степени сложности — от одноклеточных бактерий или амеб до гигантских деревьев, слонов или китов, состоящих из миллиардов клеток.

Любой организм теснейшим образом связан с окружающей средой через вещество и энергию, которые поддерживают его жизнь. Растения усваивают энергию солнечных лучей, синтезируя из неорганических веществ органические. Животные используют вещество и энергию, заключенные в их пище. Грибы всасывают растворы простых органических веществ, бактерии потребляют как органические, так и разнообразные неорганические соединения. Отработанные продукты обмена веществ выделяются в окружающую среду. Материальную зависимость организмов от внешней среды еще древнегреческий философ Гераклит выразил словами: «Текут наши тела, как ручьи, и материя постоянно обновляется в них, как вода в потоке». Современные ученые называют организмы «открытыми системами», которые существуют, пока через них проходят вещество и энергия.

На ход обмена веществ и состояние организмов влияют условия среды, такие как свет, температура, влажность, солевой состав воды или почвы, давление, сила ветра или течения и многие другие. Поэтому любые организмы сильнейшим образом зависят от окружающей среды, должны быть к ней приспособлены и вне ее существовать не могут.

Живая природа состоит также из *видов* и *популяций*. *Популяционно-видовой* — следующий уровень ее организации. Любой организм — представитель какого-нибудь вида. В современном органическом мире описано несколько миллионов различных видов. Виды распадаются на отдельные популяции, которые представляют население данного вида на определенной территории. Члены популяций, существуя вместе, взаимодействуют друг с другом в процессах размножения, использования общих ресурсов, защиты от хищников и т. п. Численность популяции сильно зависит и от внешних условий, и от ее внутренних связей.

Виды могут состоять всего из одной или из многих тысяч популяций, быть распространенными очень узко или по всей Земле, приспосабливаться за счет разных популяций к разнообразным условиям климата, почв и рельефа. Популяции теснейшим образом связаны со средой обитания, используя ее ресурсы и испытывая ее воздействие. Они также представляют собой открытые системы, через которые проходят потоки вещества и энергии.

Но и виды с их популяциями не могут существовать сами по себе. В живой природе они сильно зависят от популяций других видов. Весь органический мир складывается из *биоценозов*, или сообществ, представляющих сожительства популяций различных видов на общей территории (рис. 1). Третий уровень организации жизни — *биоценотический*. В биоценозах существование разных видов поддерживается связями между их представителями. Это прежде всего пищевые отношения, изменение среды, создание условий жизни друг для друга, разделение ресурсов. Не все виды могут ужиться вместе. Биоценозы складываются по

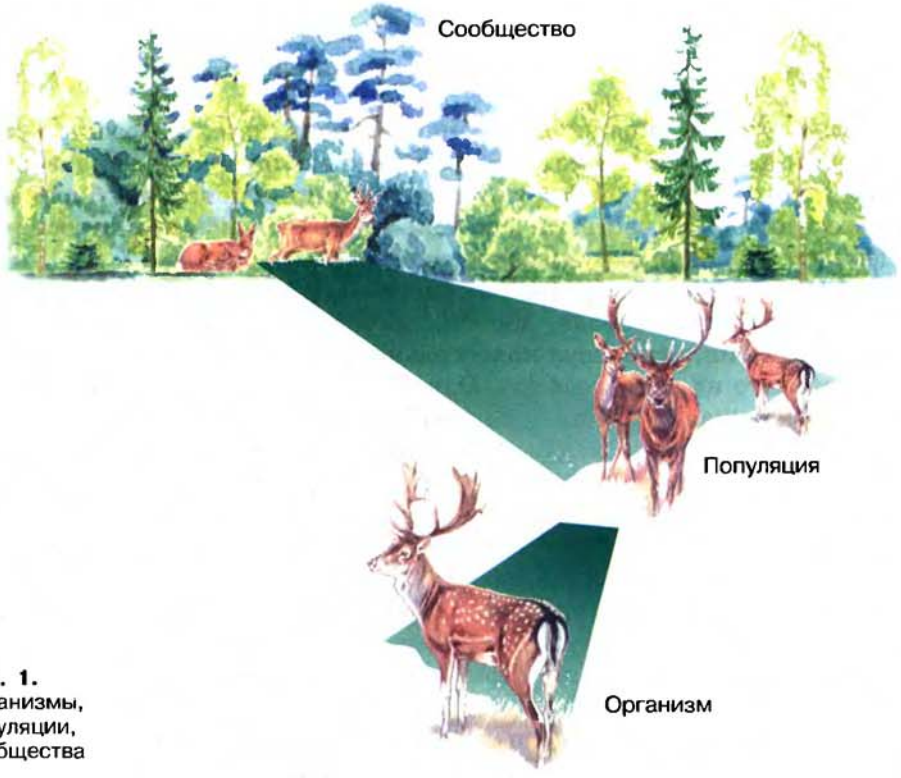


Рис. 1. Организмы, популяции, сообщества

определенным закономерностям. Для устойчивости биоценозов очень важны как их внутренние связи, так и внешние воздействия.

Ни один биоценоз не может существовать вне зависимости от окружающей среды и от потоков энергии, поступающей извне. Однако, в отличие от организмов и популяций, биоценозы способны поддерживать круговорот веществ, т. е. многократно использовать одни и те же атомы и молекулы из неорганической среды. Происходит это через пищевые связи организмов за счет того, что органические вещества, создаваемые растениями, путем переработки их животными, грибами и бактериями разрушаются до минеральных соединений, вновь доступных для использования их растениями.

Таким образом, биоценозы вместе с теми участками среды, которые они занимают, образуют особые ячейки природы — *экосистемы*, где живые и неживые компоненты связаны воедино потоками энергии и круговоротом веществ. *Экосистемный* — еще один уровень организации жизни. Лес, луг, озеро — примеры природных экосистем. Сад, поле, город — экосистемы, созданные человеком. Экосистемы Земли очень

разномасштабны. Мелкие входят в состав все более крупных, и все вместе образуют биосферу. Она представляет собой всю область земного шара, охваченную жизнью и измененную ее влиянием, и является самой крупной экосистемой Земли.

Таким образом, жизнь одновременно проявляется на разных уровнях ее организации. Организмы обязательно входят в состав видовых популяций, которые не существуют в природе вне биоценозов, а биоценозы являются составной частью и главной действующей силой экосистем, поддерживая на Земле круговорот веществ (рис. 1).

Человек сильно преобразует экосистемы Земли, создавая сельскохозяйственные угодья, города, дороги, промышленные и горнодобывающие предприятия, используя колоссальное количество энергии, влияя в конечном счете на всю биосферу. Одновременно развивается наука, все глубже познающая строение и законы окружающего нас мира.

Экология в своем развитии постепенно охватывала изучением все уровни организации жизни. До середины XIX в. она изучала преимущественно связи организмов различных видов со средой. Затем в ней появились разделы, связанные с обсуждением законов жизни биоценозов и популяций. К середине XX в. сформировался раздел, отражающий особенности строения и функционирования экосистем. Познание законов, действующих в экосистемах вплоть до биосферы, привело к новому взгляду на взаимоотношения человеческого общества и природы.

Современная экология — это наука, познающая основы устойчивости жизни на всех уровнях ее организации. Экология является научной основой грамотных взаимоотношений общества и природы, рационального использования природных богатств, и тем самым — поддержания на Земле человечества. Используя ее законы, человечество может найти пути не только выживания, но и дальнейшего процветания на планете.

❑ **Экология общая. Социальная экология. Уровни организации жизни.**

Часть I

Общая экология

Глава 1. *Организм и среда*

Глава 2. *Сообщества и популяции*

Глава 3. *Экосистемы*

Глава 1

Организм и среда

§ 1. Потенциальные возможности размножения организмов

Окружающий нас живой мир состоит из организмов. Любой организм смертен и рано или поздно погибает, а жизнь продолжается и процветает, существуя на Земле, по представлениям ученых, уже около 4 млрд лет. Живые организмы постоянно воспроизводят себя в веренице поколений, что не свойственно телам неживой природы. Именно способность к размножению позволяет видам существовать в природе очень долго, многие миллионы лет, несмотря на то, что каждая особь живет ограниченное время.

Способность к самовоспроизведению — главное свойство жизни.

Даже самый медленно размножающийся вид способен в короткое время произвести столько особей, что для них не хватит места на земном шаре. Всего за пять поколений, т. е. за один-полтора летних месяца, одна-единственная тля может оставить более 300 млн потомков. Взрослая самка трески (рис. 2) способна стать родоначальницей такого стада рыб, которое через 10 лет насчитывало бы 800 млн особей с общей массой более 3 млн т. Через 100 лет ее потомкам не хватило бы океана.

Если дать видам возможность размножаться свободно, без ограничений, численность любого из них росла бы в *геометрической прогрессии*, и это несмотря на то, что одни производят за всю жизнь всего несколько

яиц или детенышей, а другие — тысячи и даже миллионы зародышей, которые могут вырасти во взрослые организмы.

Рост в геометрической прогрессии выражается на графике особой кривой. На рисунке 3 изображен рост численности инфузорий, размножающихся делением. В каждом поколении из одной клетки возникает две. Кривая увеличения численности с каждым поколением становится все круче и вскоре резко уходит вверх. Чем больше потомков оставляют после себя представители разных видов, тем круче изначальный подъем подобной кривой.

Фактически во всех живых организмах заложена способность размножаться беспредельно.

Эта способность делает жизнь очень мощной силой на Земле. Огромная живая масса организмов поддерживает круговорот веществ на планете, создает горные породы, почвы, регулирует состав вод и атмосферы.

Однако постоянного и беспредельного роста численности отдельных видов в природе мы не наблюдаем. Ни один вид не в состоянии реализовать до конца ту безграничную способность к размножению, которой он обладает.

Главный ограничитель на пути к беспредельному размножению организмов — нехватка ресурсов, самых необходимых: для растений — минеральных солей, углекислого газа, воды, света; для животных — пищи, воды; для микроорганизмов — разнообразных потребляемых ими соединений. Запасы этих ресурсов не бесконечны, в разных частях планеты они имеют свои пределы, и этим сдерживается размножение видов.

Второй ограничитель — влияние различных неблагоприятных условий, замедляющих рост и размножение организмов, даже если есть необходимые для этого ресурсы. Всем известно, например, что рост и вызревание растений сильно зависят от погоды, в частности от хода температур. Размножение многих водных обитателей тормозится низким содержанием кислорода в воде или присутствием в ней ряда растворенных веществ.

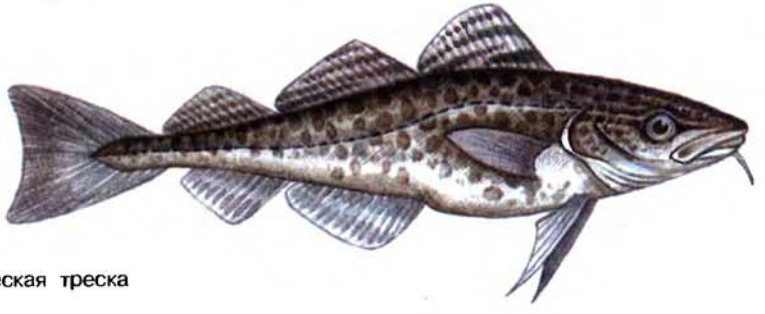


Рис. 2.
Атлантическая треска

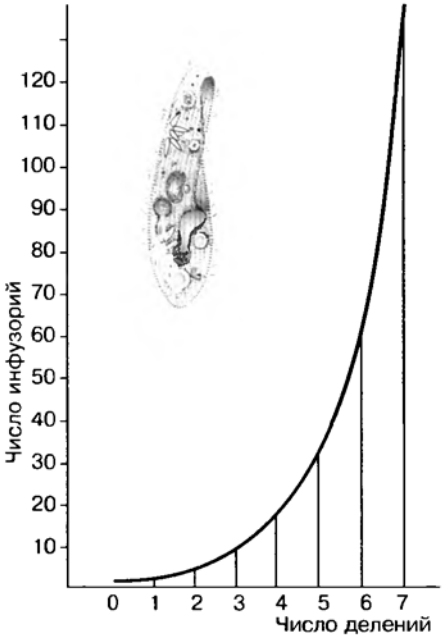


Рис. 3.
Рост численности инфузорий при неограниченном размножении

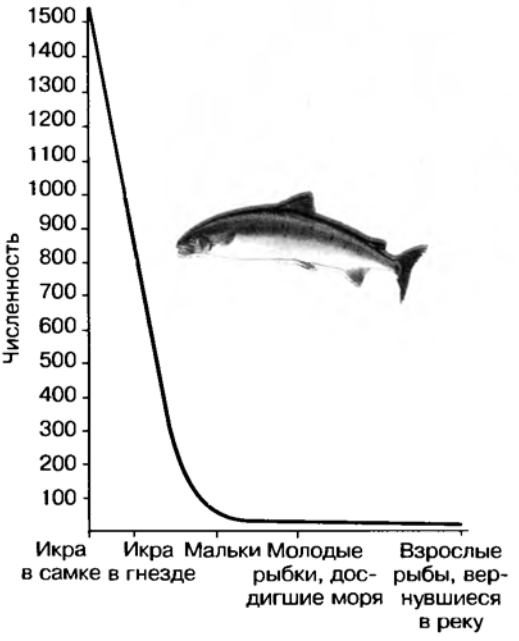


Рис. 4.
Кривая выживаемости потомства дальневосточной горбуши

Наконец, в природе происходит также огромный отсев, гибель уже произведенных на свет зародышей или подрастающих молодых особей (рис. 4). Большинство из них не доживает до периода собственного размножения и гибнет от врагов, болезней, низких или высоких температур, отсутствия пищи или других причин. Например, тысячи желудей, которые ежегодно производит один большой дуб, оказываются съеденными белками, кабанами, сойками, мышами, насекомыми, или поражаются плесневыми грибками и бактериями, или гибнут на стадии проростков по разным причинам. В результате лишь из считанных желудей вырастают взрослые деревья.

Давно подмечена одна важная закономерность: высокой плодовитостью отличаются именно те виды, у которых очень велика гибель особей в природе. Таким образом, высокая плодовитость далеко не всегда приводит к высокой численности вида. Избыточное производство зародышей как бы покрывает неизбежный отсев в каждом поколении. У видов с хорошо развитой заботой о потомстве плодовитость невысока. В этих случаях небольшого числа яиц или детенышей достаточно, чтобы выжило следующее поколение. Например, некоторые птицы — орланы-

белохвосты, горлицы, черные стрижи — откладывают всего по два яйца, выкармливая и оберегая птенцов до взрослого состояния.

Выживание, рост и размножение, численность организмов являются результатом их сложных взаимодействий со средой обитания.

❑ **Геометрическая прогрессия размножения.**

❑ **Живые организмы способны к беспредельному размножению. Однако численность видов в природе достигает лишь определенных пределов, потому что ограниченность ресурсов, воздействие неблагоприятных факторов и взаимодействия между организмами ставят непреодолимые преграды возможностям безграничного размножения.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Культурные растения, сельскохозяйственные животные, промысловые виды составляют пищевые ресурсы человека, которые постоянно возобновляются именно благодаря размножению организмов.

   Продукты жизнедеятельности различных видов, от бактерий до животных, используются во многих отраслях промышленности (текстильная, кожевенная, фармацевтическая и др.). Таким образом, размножение организмов, т. е. воспроизведение ресурсов, создает основу жизнеобеспечения человека.

   Освоение новых, быстро размножающихся видов может дать богатые дополнительные источники сырья и продуктов питания. Например, в жарких районах в прудах и озерах разводят синезеленые водоросли из рода спирулина, которые дают урожай в 10 раз выше, чем пшеница. Сухая мука из спирулины богата белком и жирами и используется для корма рыб, домашней птицы, крупного рогатого скота и производства некоторых диетических продуктов для человека.

2. Годовое количество семян на одно растение мать-и-мачехи составляет 60 тыс. Мать-и-мачеха может произрастать только на обнаженных участках почвы, где нет еще других растений. Плоды-парашютики разносятся ветром, и лишь некоторые случайно попадают в подходящие условия.

Возможности семенного размножения растений огромны. Например, ромашка непахучая производит за год 210 тыс. семян, полынь — до 700 тыс., а дерево черного тополя — до 28 млн. Но, кроме того, у растений еще существует способность к вегетативному размножению. В подходящих условиях растительность быстро занимает освободившееся пространство.

Теоретически, по подсчетам известного ученого В. И. Вернадского, чтобы создать общую массу, равную массе земной коры, бактериям при беспрепятственном размножении нужно 1,6 суток, зеленым водорослям — около 24,5 суток, а слонам — 1300 лет. Несмотря на различия, все эти сроки очень малы по сравнению с историей нашей планеты — более 4,5 млрд лет.

3. Среди рыб наибольшей плодовитостью отличаются те, икра которых плавает в толще воды и служит пищей многим водным обитателям. Самое большое число икринок мечет в воду крупная тропическая луна-рыба — до 300 млн ежегодно. Мелкая каспийская килька производит до 60 тыс. икринок, осетр — до 800 тыс., белуга — до 7,7 млн. Средиземноморская акула-пилохвост откладывает всего два крупных яйца в твердых роговых капсулах и охраняет их.

4. Плодовитость дальневосточной горбуши — 1,5 тыс. икринок. Самка горбуши перед нерестом вырывает в галечном дне реки продолговатую яму, откладывает туда икру, которую самец поливает молоками, и засыпает сверху слоем песка и гальки. Образуется гнездо-бугор. По подсчетам, в одной из дальневосточных рек в гнезда горбуши попадает всего 58% икры, содержавшейся в самках, остальная сносится течением. До весны сохраняется всего 4% икринок, остальные гибнут из-за недостаточной аэрации, промерзания, инфекций и других причин. Мальки выносятся течением в море, но по пути служат пищей многим хищным рыбам. Через несколько лет взрослая горбуша возвращается из моря в реку, где она родилась, и приступает к размножению, после которого погибает. В среднем до половозрелого состояния доживает примерно одна особь из возможных 750.

❑ **Вопросы. 1.** От растений, возделываемых на полях, человек стремится получить максимально возможную продукцию. Каждое сортовое растение пшеницы может дать до 300 семян, что означало бы урожай в 600 ц на 1 га. Однако на практике высоким считается урожай в 40—50 ц на 1 га. Каковы возможные причины того, что урожайность пшеницы не достигает максимума? **2.** В зрелых буковых лесах взрослые деревья смыкаются кронами. В таких лесах почти нет молодых буков, хотя на старых ежегодно вызревают многие тысячи орешков. Объясните, какие причины могут тормозить появление следующих поколений.

❑ **Задания. 1.** Два вида полевок (мелкие мышевидные грызуны) несколько различаются по плодовитости. Самки стадной, или узкочерепной, полевки приносят в среднем за 1 помет по 8 детенышей. У каждой самки за жизнь бывает 4 помета. У пашенной полевки число пометов достигает 7, в среднем по 6 детенышей. Какое число потомков от одной самки каждого вида может быть получено в третьем поколении? Каким будет соотношение видов по численности и по массе, если вес стадной полевки составляет для самцов 50 г, для самок — около 34 г, а пашенной полевки — 44 и 32 г соответственно? **2.** По принципу построения графика на рисунке 3 начертите кривые для видов с разной скоростью размножения: каждое следующее поколение больше материнского в 2, 3, 5 раз. Сравните конфигурацию и наклон кривых. **3.** Одно растение василька голубого производит в среднем 1500 семян. Семена сохраняют всхожесть до 10 лет. Определите запасы семян этого сорняка в почве после 3 лет засорения им посевов на одном поле со средней численностью 3 растения на 1 м^2.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Почему у растений число зачатков никогда не бывает таким низким, как у некоторых животных, производящих за один раз всего по одному детенышу или яйцу? **2.** Если каждый вид обладает способностью к безграничному размножению, как объяснить наличие в природе большого числа редких видов? **3.** Плодовитость сизого голубя и черного грифа одинакова: 2 яйца в кладке. Однако голубей в природе много, а гриф находится под угрозой исчезновения. Как это объяснить? **4.** Сельскохозяйственная наука обладает большой суммой знаний о том, как управлять размножаемостью культурных растений и сельскохозяйственных животных. Почему в таком случае во многих странах мира существует продовольственная проблема? **5.** Почему в природе взрывы численности отдельных видов, демонстрирующие их способность к размножению, называют экологическими катастрофами? **6.** Многие быстро размножающиеся насекомые: тараканы, комнатные мухи, комары и другие — вредят человеку. Каково ваше мнение, можно ли использовать потенциал их размножения в хозяйственных целях? Если нет, то почему, а если да, то для каких нужд? **7.** На полях, занятых сельскохозяйственными культурами, часто происходят взрывы численности тех видов насекомых, которые никогда не размножались в таком количестве в природе. Каково ваше мнение, почему это происходит?

ВСПОМНИТЕ

Экологические факторы

§ 2. Общие законы зависимости организмов от факторов среды

Любые свойства или компоненты внешней среды, оказывающие влияние на организмы, называют *экологическими факторами*. Свет, тепло, концентрация солей в воде или почве, ветер, град, враги и возбудители болезней — все это экологические факторы, перечень которых может быть очень большим.

Среди них различают *абиотические*, относящиеся к неживой природе, и *биотические*, связанные с влиянием организмов друг на друга.

Экологические факторы чрезвычайно разнообразны, и каждый вид, испытывая их влияние, отвечает на него по-разному. Тем не менее есть некоторые общие законы, которым подчиняются ответные реакции организмов на любой фактор среды.

Главный из них — *закон оптимума.* Он отражает то, как переносят живые организмы разную силу действия экологических факторов. Сила воздействия каждого из них постоянно меняется. Мы живем в мире с переменными условиями, и лишь в определенных местах планеты значения некоторых факторов более или менее постоянны (в глубине пещер, на дне океанов).

> *Закон оптимума выражается в том, что любой экологический фактор имеет определенные пределы положительного влияния на живые организмы.*

При отклонении от этих пределов знак воздействия меняется на противоположный. Например, животные и растения плохо переносят сильную жару и сильные морозы; оптимальными являются средние температуры. Точно так же и засуха, и постоянные проливные дожди одинаково неблагоприятны для урожая. Закон оптимума свидетельствует о мере каждого фактора для жизнеспособности организмов. На графике он выражается симметричной кривой, показывающей, как изменяется жизнедеятельность вида при постепенном увеличении воздействия фактора (рис. 5).

В центре под кривой — *зона оптимума.* При оптимальных значениях фактора организмы активно растут, питаются, размножаются. Чем

Рис. 5.
Схема действия факторов среды на живые организмы. *1, 2* — критические точки

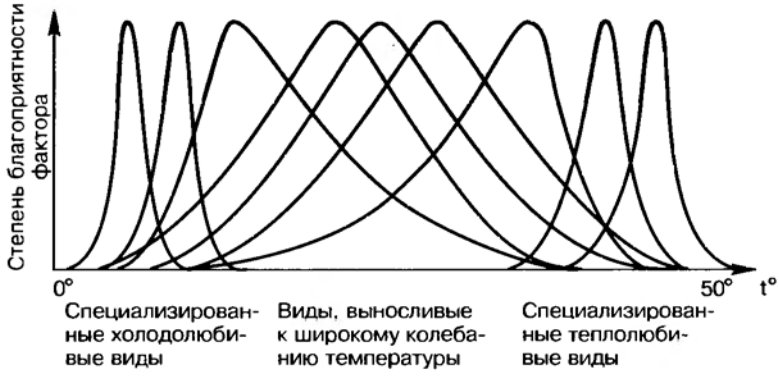


Рис. 6.
Положение кривых оптимума на температурной шкале для разных видов

Рис. 7.
Сайка — холодолюбивая рыба Северного Ледовитого океана

больше отклоняется значение фактора вправо или влево, т. е. в сторону уменьшения или увеличения силы действия, тем менее благоприятно это для организмов. Кривая, отражающая жизнедеятельность, резко спускается вниз по обе стороны от оптимума. Здесь располагаются две *зоны пессимума.* При пересечении кривой с горизонтальной осью находятся две *критические точки.* Это такие значения фактора, которые организмы уже не выдерживают, за их пределами наступает смерть. Расстояние между критическими точками показывает степень выносливости организмов к изменению фактора. Условия, близкие к критическим точкам, особенно тяжелы для выживания. Такие условия называют *экстремальными.*

Если начертить кривые оптимума какого-либо фактора, например температуры, для разных видов, то они не совпадут (рис. 6). Часто то, что является оптимальным для одного вида, для другого представляет пессимум или даже находится за пределами критических точек. Верблюды и тушканчики не могли бы жить в тундре, а северные олени и лемминги — в жарких южных пустынях.

Экологическое разнообразие видов проявляется и в положении критических точек: у одних они сближены, у других — широко расставлены. Это значит, что ряд видов может жить только в очень стабильных

условиях, при незначительном изменении экологических факторов, а другие выдерживают широкие их колебания. Например, растение недотрога вянет, если воздух не насыщен водяными парами, а ковыль хорошо переносит изменения влажности и не погибает даже в засуху.

Таким образом, закон оптимума показывает нам, что для каждого вида есть своя мера влияния каждого фактора. И уменьшение, и усиление воздействия за пределами этой меры ведет к гибели организмов.

Для понимания связи видов со средой не менее важен *закон ограничивающего фактора.*

В природе на организмы одновременно влияет целый комплекс факторов среды в разных комбинациях и с разной силой. Вычленить роль каждого из них непросто. Какой из них значит больше, чем другие? То, что мы знаем о законе оптимума, позволяет понять, что нет всецело положительных или отрицательных, важных или второстепенных факторов, а все зависит от силы воздействия каждого.

> *Закон ограничивающего фактора гласит, что наиболее значим тот фактор, который больше всего отклоняется от оптимальных для организма значений.*

Именно от него и зависит в данный конкретный период выживание особей. В другие отрезки времени ограничивающими могут стать другие факторы, и в течение жизни организмы встречаются с самыми разными ограничениями своей жизнедеятельности (рис. 8).

Рис. 8.
Глубина снежного покрова — ограничивающий фактор в распространении оленей

С законами оптимума и ограничивающего фактора постоянно сталкивается практика сельского хозяйства. Например, рост и развитие пшеницы, а следовательно, и получение урожая постоянно ограничиваются то критическими температурами, то недостатком или избытком влаги, то нехваткой минеральных удобрений, а иногда и такими катастрофическими воздействиями, как град и бури. Требуется много сил и средств, чтобы поддерживать оптимальные условия для посевов, и при этом в первую очередь компенсировать или смягчать действие именно ограничивающих факторов.

- **Экологические факторы. Абиотические факторы. Биотические факторы. Закон оптимума. Пессимум. Критические точки. Экстремальные условия. Ограничивающий фактор.**
- **Любой фактор, влияющий на живые организмы, может стать либо оптимальным, либо ограничивающим в зависимости от силы своего воздействия.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Оптимум и границы выносливости не являются абсолютно постоянными в течение всей жизни организмов. Чаще наоборот, для разных этапов жизненного цикла характерен свой оптимум. Икра лососей может развиваться только в интервале температур от 0 °С до +12 °С, а взрослые особи легко переносят колебания от −2 °С до +20 °С.

   Как оптимум, так и границы устойчивости организмов можно в определенных пределах сдвинуть направленным влиянием внешних условий. Если, например, на цветковые растения кратковременно действовать высокими температурами, то их устойчивость повышается, возникает так называемая «тепловая закалка». Так и происходит в природе, когда наступлению сильной устойчивой жары предшествуют кратковременные подъемы температур в отдельные

дни. Таким же образом аквариумных рыб можно постепенно приучить к жизни в более холодной или теплой воде.

2. Среди факторов среды, от которых зависят организмы, различают ресурсы и условия. Ресурсы организмы используют, потребляют и тем самым уменьшают их количество для других. К ресурсам относят пищу, убежища, удобные места для размножения и т. п. Условия — это такие факторы, к которым организмы вынуждены приспосабливаться, но повлиять на них, обычно, не могут. Один и тот же фактор среды может быть ресурсом для одних и условием для других видов. Например, свет — жизненно необходимый энергетический ресурс для фотосинтезирующих растений, а для обладающих зрением животных — условие, при котором они могут видеть окружающие предметы и ориентироваться в пространстве. Вода для многих организмов может быть и условием жизни, и ресурсом.

3. Чем больше значения факторов удаляются от оптимальных, тем меньше видов может приспособиться к жизни в таких условиях. Например, на дне самых глубоководных океанических впадин, где давление достигает более 1000 атмосфер и мало пищи, обнаружено всего около 20 видов многоклеточных животных, на глубинах в 6 км — 140, а в поверхностных слоях океанов — многие тысячи видов. В ряду соленых озер Западной Европы гидробиологи обнаружили при концентрации солей 30 г/л 64 вида, при 100 г/л — 38 видов, при 160 г/л — 12 видов, а при 200 г/л — всего 1 вид.

4. Некоторые организмы живут при температурах тела ниже 0 °С, но только в том случае, если вода внутри клеток не замерзает, а находится в переохлажденном состоянии. Например, ряд рыб, обитающих у берегов Антарктиды или в морях Северного Ледовитого океана, имеет нормальную температуру тела до −1,7 °С (рис. 7). Обнаружены также бактерии, размножающиеся при температурах выше +100 С. Это происходит при строго определенных условиях, возле горячих источников на дне океана. Из-за высокого давления вода при такой температуре не кипит.

5. Озимая совка — вредитель зерновых и овощных культур, встречается в таежной, лесостепной и степной зонах. Зимуют в почве взрослые гусеницы, накопившие жировое тело, они могут переносить морозы до −11 °С, а гусеницы младших возрастов не выдерживают охлаждения ниже −5 °С. Восточная граница распространения озимой совки совпадает с январской изотермой −20 °С, и в Сибири этот вид отсутствует. Зимняя температура — фактор, ограничивающий распространение вида.

6. Правило ограничивающих факторов очень важно в агрономии. Немецкий химик Ю. Либих установил, что растения не могут дать урожай больше того, который позволяет главный ограничивающий фактор. Если все другие условия благоприятны, но среди минеральных солей, необходимых растению, фосфора содержится только 50% от требуемого, а кальция — 20%, значит, урожай будет в 5 раз меньше возможного. Главный ограничитель в этих условиях — кальций. Внесем его в почву до нормы. Урожай поднимется, но все равно будет вдвое ниже ожидаемого. Теперь главный ограничитель — фосфор. Так как Ю. Либих изучал только влияние недостаточных доз удобрений, его выводы получили название «правило минимума». Позднее выяснилось, что и избыток минеральных солей тоже тормозит урожай, так как при этом нарушается всасывание растворов корнями. При идеальной агротехнике все элементы питания даются растениям в строго оптимальной дозировке.

❑ **Вопросы. 1.** Какие факторы наиболее часто ограничивают рост и развитие таких ценных видов рыб, как осетровые или лососевые? **2.** Нагрузка веса тела на опорную поверхность ног свыше 30 г на 1 см^2 сильно затрудняет передвижение животного по рыхлому снегу. У рыси она равна 422 г, а у лося — около 500 г на 1 см^2. Но для рыси полуметровый слой снега — фактор, ограничивающий активность, а для лося — нет. Как вы думаете, почему? **3.** В тропических районах океана, где много тепла и света, жизнь очень бедна. Эти районы называют океаническими пустынями. Как вы думаете, что ограничивает здесь размножение одноклеточных водорослей, от которых, в свою очередь, зависят животные? **4.** В теплице, где выращивалась рассада и поддерживались оптимальная температура и влажность, прекратилась подача воды. Ремонт должен занять два дня. Агроном распорядился ограничить подачу тепла в теплицу. Правильно ли он сделал и почему?

❑ **Задания. 1.** Начертите график областей выживания и оптимума бабочки яблонной плодожорки, которая является опасным вредителем садов. На горизонтальной оси отложите значения влажности воздуха в процентах, на вертикальной — температуры в градусах. Используйте приведенные ниже показатели.
Полная гибель куколок яблонной плодожорки наступает при сочетаниях: 10 °С и 100%, 4 °С и 80%, 15 °С и 40%, 28 °С и 15%, 36 °С и 55%, 37 °С и 100% (первая цифра — температура, вторая — влажность воздуха). Гибель менее 10% при сочетаниях: 20 °С и 85%, 22 °С и 95%, 27 °С и 55%, 26 °С и 55%, 22 °С и 70%. Соедините замкнутой кривой точки для каждого уровня выживания. Рассмотрите полученный график. Подумайте, велика ли опасность размножения этого вредителя в районах с летними температурами 18—25 °С и влажностью воздуха 70—90%, в районах с летними температурами 20—35 °С и влажностью воздуха 20—35%. **2.** Микроскопические мучные клещи могут в огромных количествах размножаться в зернохранилищах и приводить зерно в полную негодность. При оптимальной температуре +20—22 °С развитие яйца длится 3—4 дня, при +10 °С — растягива-

ется до полутора месяцев. Температур выше +45—50 °С клещи не переносят. Они погибают при влажности зерна 10—12% из-за сухости и выше 70% — из-за развития плесневых грибков. Предложите способ, как избавиться от клещей и сохранить зерно, не прибегая к ядохимикатам.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Обсудите, почему чувство меры так ценится у всех народов мира и входит в нормы морали. **2.** В каких проявлениях сельскохозяйственной деятельности часто нарушается закон оптимума? **3.** Существует русская поговорка «Кашу маслом не испортишь», которую применяют и к некоторым хозяйственным делам. Противоречит ли это закону оптимума? **4.** Применим ли закон оптимума к сильно действующим на человека ядам? **5.** Благодаря созданию искусственного микроклимата люди могут жить и работать в разных температурных условиях, вплоть до антарктической зимы или космической стужи. Значит ли это, что температура не является фактором, ограничивающим деятельность человека?

ВСПОМНИТЕ

Строение клетки
Обмен веществ
Терморегуляция

§ 3. Основные пути приспособления организмов к среде

Многие организмы в течение жизни периодически испытывают влияние факторов, сильно удаляющихся от оптимума. Им приходится переносить и сильную жару, и сильные морозы, и летние засухи, и пересыхание водоемов, и нехватку пищи. Как приспосабливаются они к таким экстремальным ситуациям, когда нормальная жизнь сильно затруднена?

При ухудшении условий среды многие виды способны приостанавливать свою жизнедеятельность и переходить в состояние скрытой жизни. Это явление было обнаружено в начале XVIII столетия Антони ван Левенгуком, который впервые наблюдал в сделанный им микроскоп мир мелких организмов. Он заметил и описал, что некоторые из них могут полностью высыхать на воздухе, а затем «оживать» в воде. В высушенном состоянии они кажутся полностью безжизненными. Позднее такое состояние мнимой смерти было названо *анабиозом* («ана» — нет, «биос» — жизнь).

Глубокий анабиоз — это практически полная остановка обмена веществ. В отличие от смерти организмы могут при этом возвращаться к активной жизни. Переход в состояние анабиоза чрезвычайно расширяет возможности выживания организмов в самых суровых условиях. В опытах высушенные семена и споры растений, некоторые мелкие животные — коловратки (рис. 9), нематоды выдерживают длительное время температуры жидкого воздуха (−190 °С) или жидкого водорода (−259,14 °С).

Рис. 9.
Коловратка — активно плавающая и в состоянии анабиоза

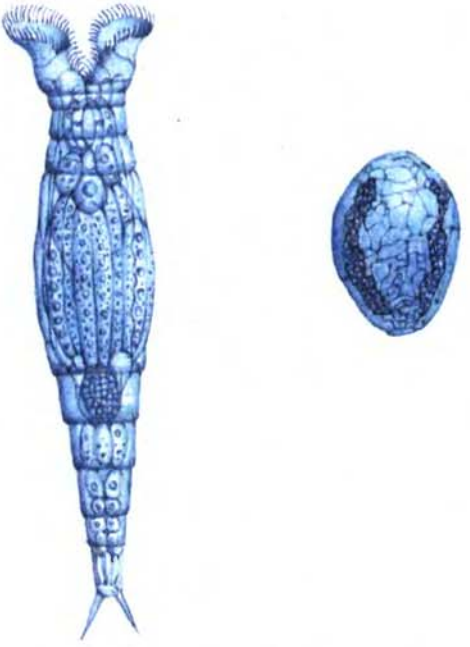
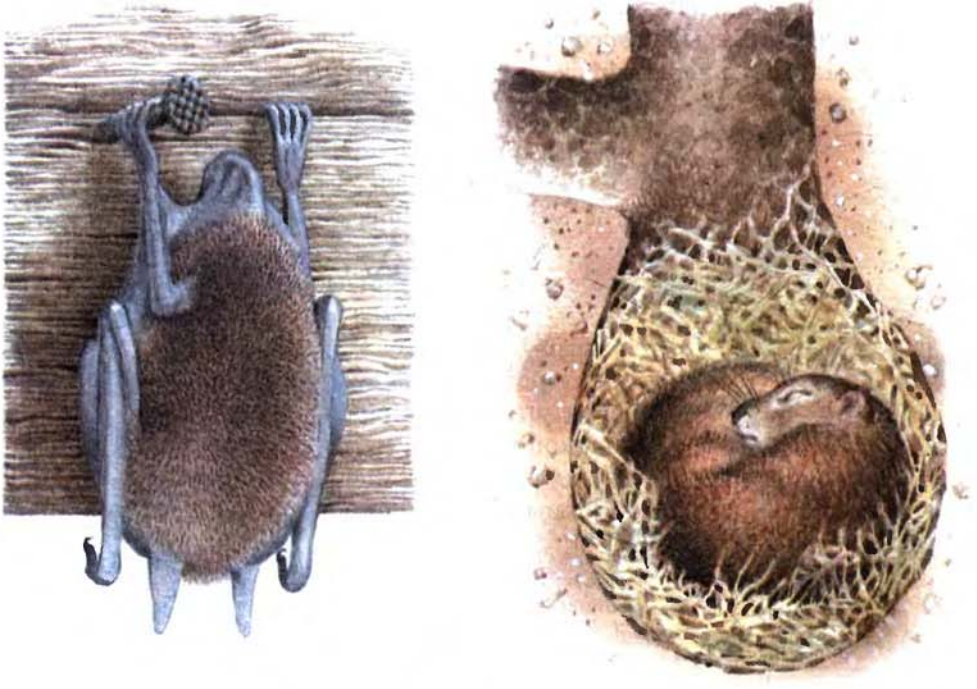


Рис. 10.
Летучая мышь ушан и суслик в состоянии зимней спячки



Состояние анабиоза возможно лишь при полном обезвоживании организмов. При этом важно, чтобы потеря воды клетками тела не сопровождалась нарушением внутриклеточных структур. Большинство видов к этому не способно. Например, в клетках высших растений имеется обычно большая центральная вакуоль с запасом влаги. При высыхании она исчезает, клетка меняет форму, сжимается, и ее внутреннее строение нарушается. Поэтому глубокий анабиоз в природе встречается редко. Однако замедление обмена веществ и понижение жизнедеятельности в неблагоприятных условиях — явление широко распространенное. Клетки тела при этом частично обезвоживаются, происходит также и другая перестройка их состава. Состояние организмов, близкое к анабиозу, называют криптобиозом или *скрытой жизнью* («криптос» — скрытый). В состоянии пониженного обмена веществ организмы резко повышают свою устойчивость и очень экономно тратят энергию.

К явлениям скрытой жизни относятся оцепенение насекомых, зимний покой растений, спячка позвоночных животных, сохранение семян и спор в почве, а мелких обитателей — в пересыхающих водоемах (рис. 10). В неактивном состоянии часто находятся в природе многие виды бактерий, пока не возникнут благоприятные условия для их размножения.

Скрытая жизнь — очень важное экологическое приспособление. Это возможность переживать неблагоприятные изменения среды обитания. При восстановлении необходимых условий организмы вновь переходят к активной жизни.

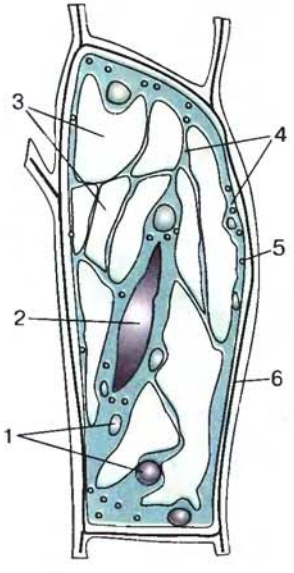


Рис. 11.
Клетка черешка листа сахарной свеклы:
1 — хлоропласты; *2* — ядро; *3* — вакуоли;
4 — цитоплазма; *5* — митохондрии;
6 — клеточная оболочка

Переходя в состояние оцепенения или покоя, растения и животные как бы ***подчиняются воздействиям среды***, экономя при этом затраты на свое существование.

Другой, прямо противоположный путь выживания организмов связан с ***поддержанием постоянства внутренней среды***, несмотря на колебания воздействий внешних факторов. Обитая в условиях изменчивой температуры, теплокровные животные — птицы и млекопитающие — поддерживают внутри себя постоянную температуру, оптимальную для биохимических процессов в клетках тела.

В вакуолях клеток наземных растений содержатся запасы влаги, что позволяет им жить на суше (рис. 11). Многие растения способны переносить сильные засухи и расти даже в жарких пустынях.

Такое ***сопротивление влиянию внешней*** среды требует больших затрат энергии и специальных приспособлений во внешнем и внутреннем строении организмов.

Каждый из двух описанных путей выживания имеет свои преимущества и недостатки. При возможности тормозить обмен веществ и переходить к скрытой жизни организмы экономят энергию и повышают устойчивость, но не способны к активности при ухудшении условий. При регуляции температуры и запасов влаги в теле представители различных видов могут поддерживать нормальную жизнедеятельность в очень широком диапазоне внешних условий, но тратят при этом много энергии, которую им необходимо постоянно восполнять. Кроме того, такие организмы очень неустойчивы к отклонениям режима их внутренней среды. Например, у человека повышение температуры тела всего на 1 °С свидетельствует о нездоровье.

Кроме подчинения и сопротивления воздействию внешней среды, возможен и третий способ выживания — ***избегание неблагоприятных условий*** и активный поиск других, более благоприятных местообитаний. Этот путь приспособлений доступен только подвижным животным, которые могут перемещаться в пространстве (рис. 12).

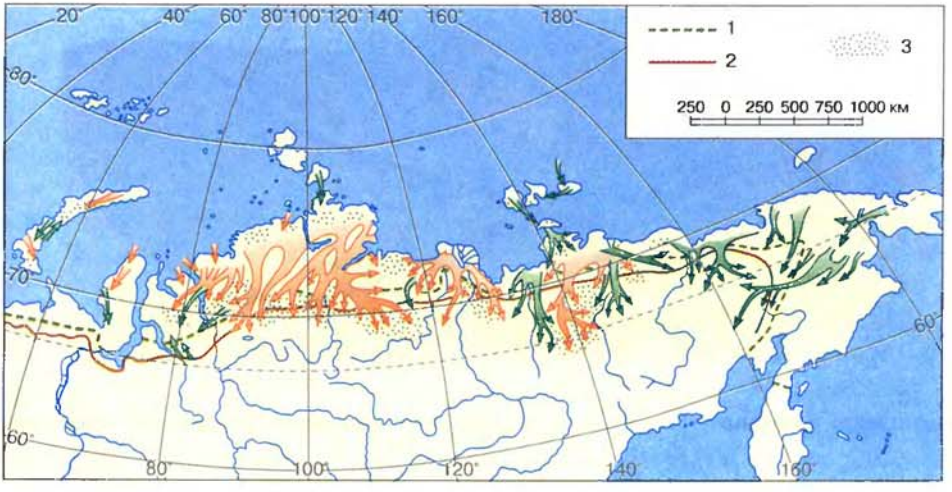


Рис. 12.
Кочевки северных оленей: *1* — северная граница лесотундры; *2* — северная граница тайги; *3* — места зимовок

Разрез гнезда обыкновенной белки

Гнездо мыши-малютки

Летняя (*1*) и зимняя (*2*) норы полуденных песчанок

Рис. 13.
Гнезда и норы животных

Например, зимующие тетерева и рябчики на большую часть суток зарываются в снег, где гораздо теплее. Многие животные устраивают жилища — норы и гнезда, защищающие их от внешних воздействий. Это тоже путь избегания неблагоприятных факторов (рис. 13). Ярким при-

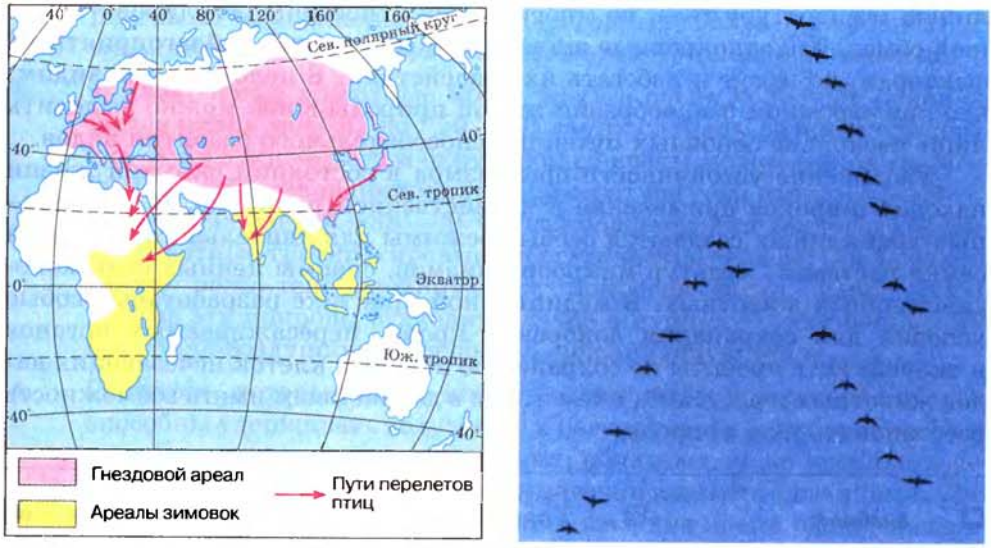


Рис. 14.
Карта миграции деревенской ласточки (А); стая журавлей (Б)

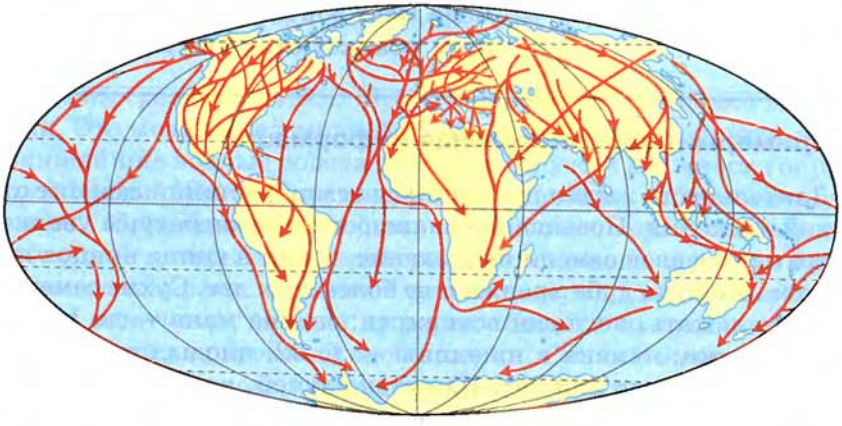


Рис. 15.
Главнейшие направления пролетных путей птиц

мером избегания зимней бескормицы и холодов являются дальние перелеты птиц (рис. 14, 15).

Все три пути выживания могут сочетаться у представителей одного и того же вида. Например, растения не могут поддерживать посто-

янную температуру тела, но многие из них способны регулировать водный обмен. Холоднокровные животные подчиняются неблагоприятным факторам, но могут и избегать их воздействия. В целом же мы видим, что при огромном разнообразии живой природы в ней можно выделить лишь несколько основных путей приспособительного развития видов.

Увеличение устойчивости организмов в состоянии скрытой жизни находит широкое применение в хозяйственной практике. В специальных хранилищах создаются особые режимы для длительного хранения семян растений, культур микроорганизмов, спермы ценных сельскохозяйственных животных. В медицинской практике разработаны особые условия для сохранения донорской крови, пересаживаемых органов и тканей. Есть проекты по сохранению половых клеток исчезающих видов животных и растений, с тем чтобы в дальнейшем иметь возможность восстановить их в природе.

- **Анабиоз. Скрытая жизнь. Постоянство внутренней среды. Избегание неблагоприятных факторов.**
- **Главные пути выживания организмов при ухудшении условий — либо временный переход в неактивное состояние, либо сохранение активности при дополнительных затратах энергии, либо избегание неблагоприятного фактора и перемена мест обитания. У разных видов эти пути реализуются по-своему.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Длительность жизни покоящихся семян растений зависит от условий хранения. Повышение влажности и температуры увеличивает траты резервов семени на дыхание, и они в конце концов истощаются. Желуди дуба хранятся не более трех лет. Сухие семена могут долго лежать, не теряя всхожести: семена мака — до 10 лет, зерновки ржи, ячменя и пшеницы — до 32, плоды одуванчика — до 68, лотоса — до 250 лет. Известен случай, когда проросли семена лотоса, найденные в торфе болота, высохшего 2000 лет тому назад. Плоды этого растения покрыты толстой газо- и водонепроницаемой оболочкой.

2. В Центральной Антарктиде русские исследователи провели микробиологический анализ образцов льда из глубины ледника. Возраст слоев льда, в которых обнаружены жизнеспособные микроорганизмы, достигает 10—13 тыс. лет. Найдены в основном бактерии, а также споры грибов и дрожжей. Позднее жизнеспособные бакте-

рии были обнаружены в образцах горных пород под антарктическим ледником. Их возраст составлял от 10 тыс. до 10 млн лет.

3. Теплокровные животные могут жить в очень холодных районах, выдерживая морозы до −50 °С. В таких случаях разница температур самого животного и окружающей среды может составить 80—90 °С. У пингвинов постоянная температура тела равна +37—38 °С, у северных оленей +38—39 °С. Для поддержания теплового баланса животные тратят жировые энергетические запасы. Очень важна также роль теплоизолирующих покровов (пуха, пера, меха). К зиме эти покровы становятся гуще и пушистее, обеспечивая вокруг тела воздушную прослойку, сохраняющую тепло.

4. Растения, которые могут жить в очень сухом и жарком климате, способны удерживать воду в теле и регулировать ее испарение. Кактусы, произрастающие в пустынях, обладают очень прочными непроницаемыми покровами с немногочисленными устьицами. Листья их превращены в колючки, этим уменьшена общая поверхность, способствующая испарению. Фотосинтез происходит в зеленом стебле. Жарким днем плотно закрыты устьица, и растения довольствуются при фотосинтезе тем углекислым газом, который проникает в их тело за ночь или выделяется в клетках в процессе дыхания. Скудная почвенная влага, поглощаемая корнями, надолго сохраняется в этих растениях, обеспечивая их жизнедеятельность.

5. В сухих среднеазиатских пустынях обитает несколько видов мокриц. Это мелкие наземные ракообразные, нуждающиеся, как и их ближайшие водные родственники, в высокой влажности окружающей среды. Живя в пустынях, они способны избегать жару и сухость. Мокрицы роют в глинистой почве вертикальные норки, в глубине которых температура резко снижена, а воздух насыщен водяными парами. Кормятся они на поверхности почвы растительными остатками, выходя из норок только в то время суток, когда увлажняется приземный слой воздуха. Самка в жаркие часы затыкает отверстие своими передними сегментами, несущими непроницаемые покровы, чтобы сохранить влажность и уберечь от высыхания свое потомство.

6. У суслика в состоянии активности частота сокращений сердца около 300 ударов в минуту, а во время спячки — всего 3. Температура тела понижается до +5 °С. Несмотря на низкую интенсивность обмена веществ, животные во время спячки сильно теряют в весе и могут погибнуть от истощения, если не накопят к зиме достаточно жира.

❑ **Вопросы. 1.** Приведите примеры: 1) избегания организмами неблагоприятных условий и 2) перехода в состояние скрытой жизни. **2.** У верблюдов после летней стрижки расход воды на испарение увеличился на 50%. Почему это произошло? В какое время года вы рекомендуете стричь животных? **3.** Почему медицинские инструменты стерилизуют не путем промораживания, а кипячением или нагреванием в автоклавах при высоком давлении? **4.** Маки и тюльпаны — влаголюбивые растения. Почему они могут расти в жарких пустынях? **5.** Колибри, крохотные птицы Западного полушария, отыскивают пищу с помощью зрения. Они питаются нектаром цветов и мелкими насекомыми. За день они съедают корма вдвое больше, чем весят сами. Колибри очень активны, частота взмахов крыльев у разных видов от 20 до 100 в секунду, частота сокращения сердца — до 1000 ударов в минуту. С наступлением сумерек колибри садятся на ветки и впадают в оцепенение. Температура их тела падает до +17—18 °С. Объясните, в чем выгоды такого приспособления.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Реален ли с биологической точки зрения полный анабиоз у человека? **2.** Почему до сих пор, несмотря на отсутствие реальных подтверждений, ученые не отказались от мысли обнаружить жизнь на Марсе? **3.** Что, по-вашему, выгоднее — строить вдвое больше зернохранилищ с эффективным режимом хранения зерна или стремиться получить вдвое больший урожай? **4.** Известно, что у многих рыб температура тела постоянна. Значит ли это, что их можно отнести к теплокровным животным? **5.** У лошадей, коров, овец и других домашних животных постоянная температура тела и при хороших, и при плохих кормах. Значит ли это, что регуляция температуры у них не зависит от корма?

ВСПОМНИТЕ

Фотосинтез
Почва
Почвенный гумус
Структура почвы
Микроорганизмы

§ 4. Основные среды жизни

Условия обитания различных видов удивительно разнообразны. Одни из них, например некоторые мелкие клещики или насекомые, всю жизнь проводят внутри листа растения, который для них — целый мир, другие осваивают огромные и разнообразные пространства, как, например, северные олени, киты в океане, перелетные птицы.

В зависимости от того, где живут представители разных видов, на них действуют разные комплексы экологических факторов. На нашей планете можно выделить несколько *основных сред жизни*, сильно различающихся по условиям существования: водную, наземно-воздушную, почвенную. Средой обитания служат также сами организмы, в которых живут другие.

Водная среда жизни. Все водные обитатели, несмотря на различия в образе жизни, должны быть приспособлены к главным особенностям своей среды. Эти особенности определяются прежде всего физическими свойствами воды: ее плотностью, теплопроводностью, способностью растворять соли и газы.

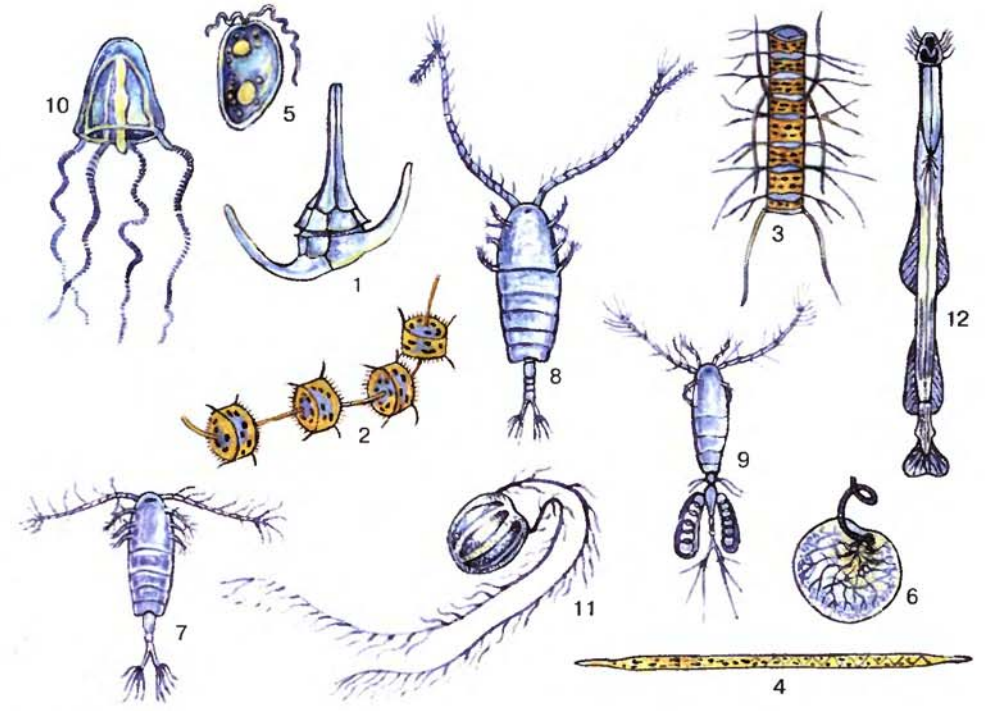


Рис. 16.
Разнообразные организмы, составляющие морской планктон: *1–5* — клетки водорослей; *6* — ночесветка; *7–9* — мелкие ракообразные; *10* — медуза; *11* — гребневик; *12* — сагитта

Плотность воды определяет ее значительную выталкивающую силу. Это значит, что в воде облегчается вес организмов и появляется возможность вести постоянную жизнь в водной толще, не опускаясь на дно. Множество видов, преимущественно мелких, неспособных к быстрому активному плаванию, как бы парят в воде, находясь в ней во взвешенном состоянии. Совокупность таких мелких водных обитателей получила название *планктон*. В состав планктона входят микроскопические водоросли, мелкие рачки, икра и личинки рыб, медузы и многие другие виды (рис. 16). Планктонные организмы переносятся течениями не в силах противостоять им. Наличие в воде планктона делает возможным фильтрационный тип питания, т. е. отцеживание, при помощи разных приспособлений, взвешенных в воде мелких организмов и пищевых частиц. Оно развито и у плавающих, и у сидячих донных животных, таких, как морские лилии, мидии, устрицы и другие. Сидячий образ жизни был бы невозможен у водных обитателей, если бы не было планктона, а он, в свою очередь, возможен только в среде с достаточной плотностью.

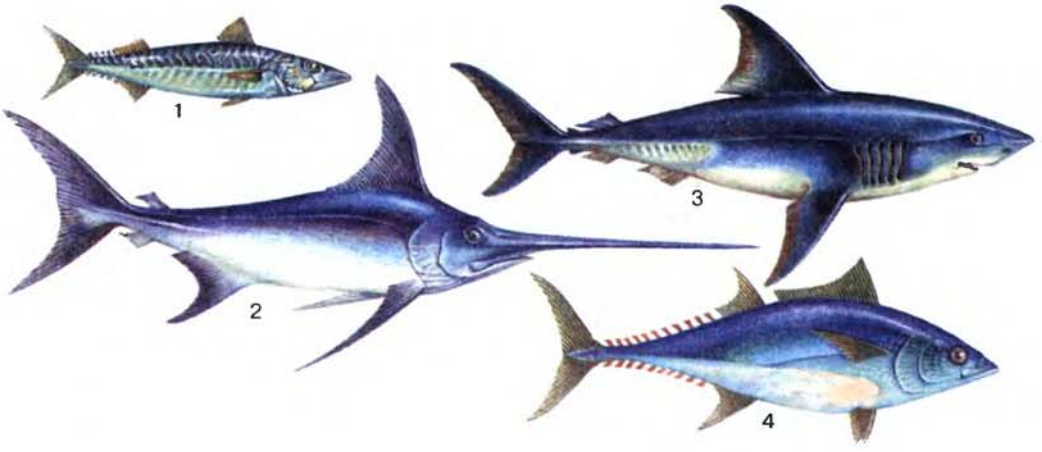


Рис. 17.
Быстро плавающие рыбы: *1* — скумбрия; *2* — меч-рыба; *3* — акула; *4* — тунец

Плотность воды затрудняет активное передвижение в ней, поэтому быстро плавающие животные, такие, как рыбы, дельфины, кальмары, должны иметь сильную мускулатуру и обтекаемую форму тела (рис. 17). В связи с высокой плотностью воды давление с глубиной сильно растет. Глубоководные обитатели способны переносить давление, которое в тысячи раз выше чем на поверхности суши.

Свет проникает в воду лишь на небольшую глубину, поэтому растительные организмы могут существовать только в верхних горизонтах водной толщи. Даже в самых чистых морях фотосинтез возможен лишь до глубин в 100—200 м. На больших глубинах растений нет, а глубоководные животные обитают в полном мраке.

Температурный режим в водоемах более мягок, чем на суше. Из-за высокой теплоемкости воды колебания температуры в ней сглажены, и водные обитатели не сталкиваются с необходимостью приспосабливаться к сильным морозам или сорокаградусной жаре. Только в горячих источниках температура воды может приближаться к точке кипения.

Одна из сложностей жизни водных обитателей — *ограниченное количество кислорода.* Его растворимость не очень велика и к тому же сильно уменьшается при загрязнении или нагревании воды. Поэтому в водоемах иногда бывают *заморы* — массовая гибель обитателей из-за нехватки кислорода, которая наступает по разным причинам.

Солевой состав среды также очень важен для водных организмов. Морские виды не могут жить в пресных водах, а пресноводные — в морях из-за нарушения работы клеток.

Наземно-воздушная среда жизни. Эта среда отличается другим набором особенностей. Она в целом более сложна и разнообразна, чем водная. В ней много кислорода, много света, более резкие изменения температуры во времени и в пространстве, значительно слабее перепады давления и часто возникает дефицит влаги. Хотя многие виды могут летать, а мелкие насекомые, пауки, микроорганизмы, семена и споры растений переносятся воздушными течениями, питание и размножение организмов происходит на поверхности земли или растений. В такой малоплотной среде, как воздух, организмам необходима опора. Поэтому у наземных растений развиты механические ткани, а у наземных животных сильнее, чем у водных, выражен внутренний или наружный скелет. Низкая плотность воздуха облегчает передвижение в нем. Актив-

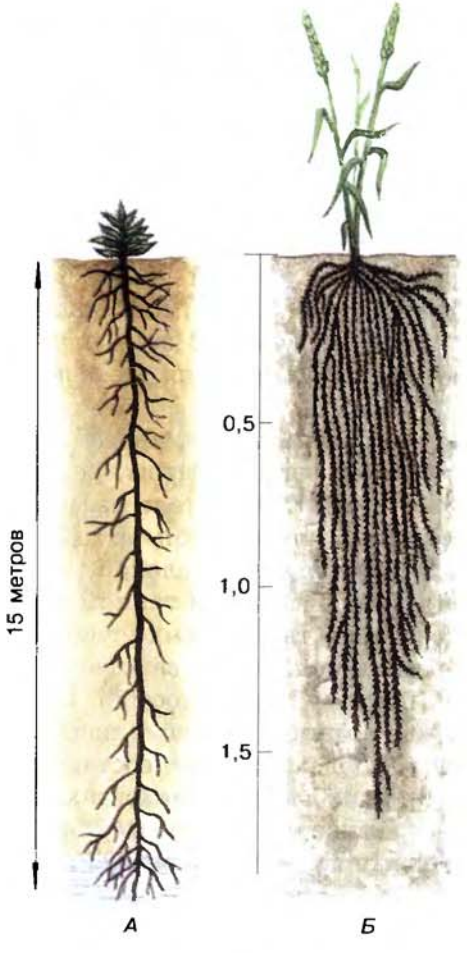


Рис. 18.
Корневая система верблюжьей колючки (*А*) и пшеницы (*Б*)

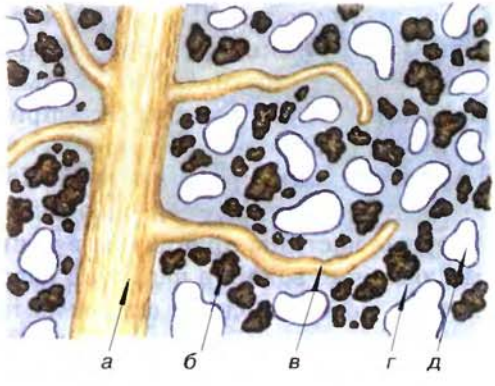


Рис. 19.
Структура почвы: *а* — корень; *б* — частицы почвы; в — корневой волосок; *г* — влага; *д* — пузырьки воздуха

М. С. Гиляров (1912—1985)

крупный зоолог, эколог, академик, основоположник широких исследований мира почвенных животных

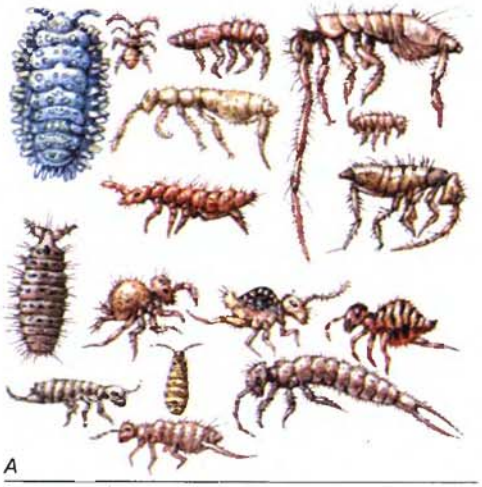
ный и пассивный полет освоили около двух третей обитателей суши. Большинство из них — насекомые и птицы.

Воздух — плохой проводник тепла. Этим облегчается возможность сохранения тепла, вырабатываемого внутри организмов, и поддержание постоянной температуры у теплокровных животных. Само развитие теплокровности стало возможным в наземной среде. Предки современных водных млекопитающих — китов, дельфинов, моржей, тюленей — когда-то жили на суше.

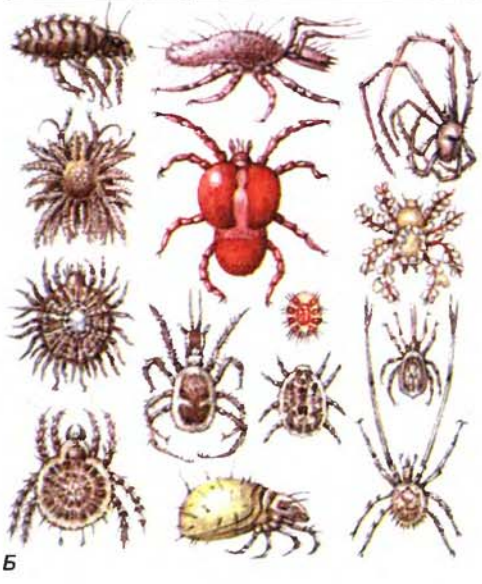
У наземных обитателей очень разнообразны приспособления, связанные с обеспечением себя водой, особенно в засушливых условиях. У растений это мощная корневая система (рис. 18), водонепроницаемый слой на поверхности листьев и стеблей, способность к регуляции испарения воды через устьица. У животных это также различные особенности строения тела и покровов, но, кроме того, поддержанию водного баланса способствует и соответствующее поведение. Они могут, например, совершать миграции к водопоям или активно избегать особо иссушающих условий. Некоторые животные могут жить всю жизнь вообще на сухом корме, как, например, тушканчики или всем известная платяная моль. В этом случае вода, необходимая организму, возникает за счет окисления составных частей пищи.

В жизни наземных организмов большую роль играют и многие другие экологические факторы, например состав воздуха, ветры, рельеф земной поверхности. Особо важны погода и климат. Обитатели наземно-воздушной среды должны быть приспособлены к климату той части Земли, где они живут, и переносить изменчивость погодных условий.

Почва как среда жизни. Почва представляет собой тонкий слой поверхности суши, переработанный деятельностью живых существ. Твердые частицы пронизаны в почве порами и полостями, заполненными частично водой, а частично воздухом, поэтому почву способны населять и мелкие водные организмы. Объем мелких полостей в почве — очень важная ее характеристика. В рыхлых почвах он может составлять до 70%, а в плотной — около 20% (рис. 19). В этих порах и полостях или на поверхности твердых частиц обитает огромное множество микроскопических существ: бактерий, грибов, простейших, круглых червей, членистоногих (рис. 20—22). Более крупные животные прокладывают в почве ходы сами. Вся почва пронизана корнями растений. Глубина поч-



А



Б

Рис. 20.
Мелкие членистоногие, обитающие в почве: *А* — коллемболы; *Б* — различные клещи

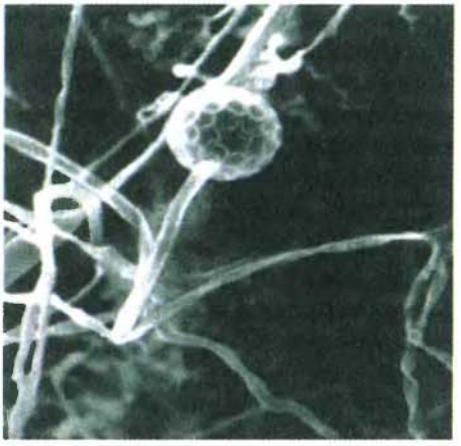


Рис. 21.
Микроскопический почвенный гриб мукор

Рис. 22.
Микроскопический почвенный гриб пеницилл

вы определяется глубиной проникновения корней и деятельностью роющих животных. Она составляет не более 1,5—2 м.

Воздух в почвенных полостях всегда насыщен водяными парами, а состав его обогащен углекислым газом и обеднен кислородом. Этим условия жизни в почве напоминают водную среду. С другой стороны,

соотношение воды и воздуха в почвах постоянно меняется в зависимости от погодных условий. Температурные колебания очень резки у поверхности, но быстро сглаживаются с глубиной.

Главная особенность почвенной среды — постоянное поступление органического вещества в основном за счет отмирающих корней растений и опадающей листвы. Это ценный источник энергии для бактерий, грибов и многих животных, поэтому почва — *самая насыщенная жизнью среда.* Ее скрытый от глаз мир очень богат и разнообразен.

Живые организмы как среда жизни. *Паразитизм* — широко распространенное в природе явление. Нет ни одного вида многоклеточных животных или растений, которые не имели бы своих паразитов. Они обнаруживаются даже у бактерий. Паразиты могут населять полости тела хозяина, проникать в ткани или внутрь отдельных клеток. Сложный организм хозяина для них — целый мир. Кроме паразитов, виды-хозяева могут иметь полезных сожителей. Например, жвачные животные не смогли бы переваривать пищу без разнообразных бактерий и инфузорий, населяющих их желудок (рис. 23). Пищеварение человека также осуществляется с помощью полезной микрофлоры.

Паразиты и другие обитатели органов и тканей хозяев живут в условиях практически неограниченного запаса пищи (рис. 24). Организм хозяина служит им также защитой от внешних воздействий. Им не грозит высыхание, а колебания температуры или смягчены, или (в телах теплокровных) почти отсутствуют. Основные экологические трудности в жизненном цикле паразитов — их перенос от одного хозяина к другому, поэтому на той стадии, когда они попадают во внешнюю среду, у них развиваются сложные защитные оболочки. Например, яйца аскарид защищены толстыми многослойными покровами. В период смены хозяев основная масса паразитов погибает. Высокая плодовитость, которая

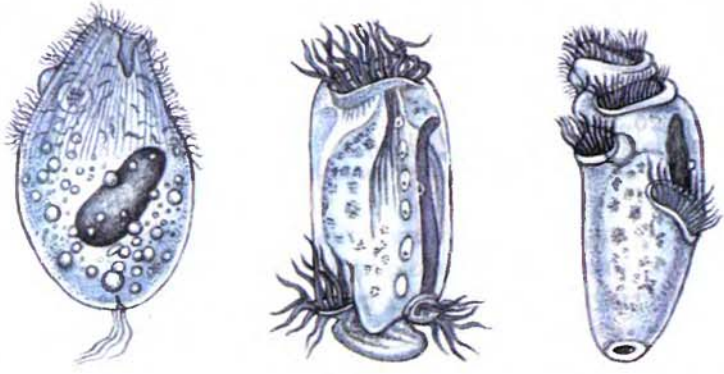


Рис. 23.
Инфузории
из пищеварительного
тракта копытных

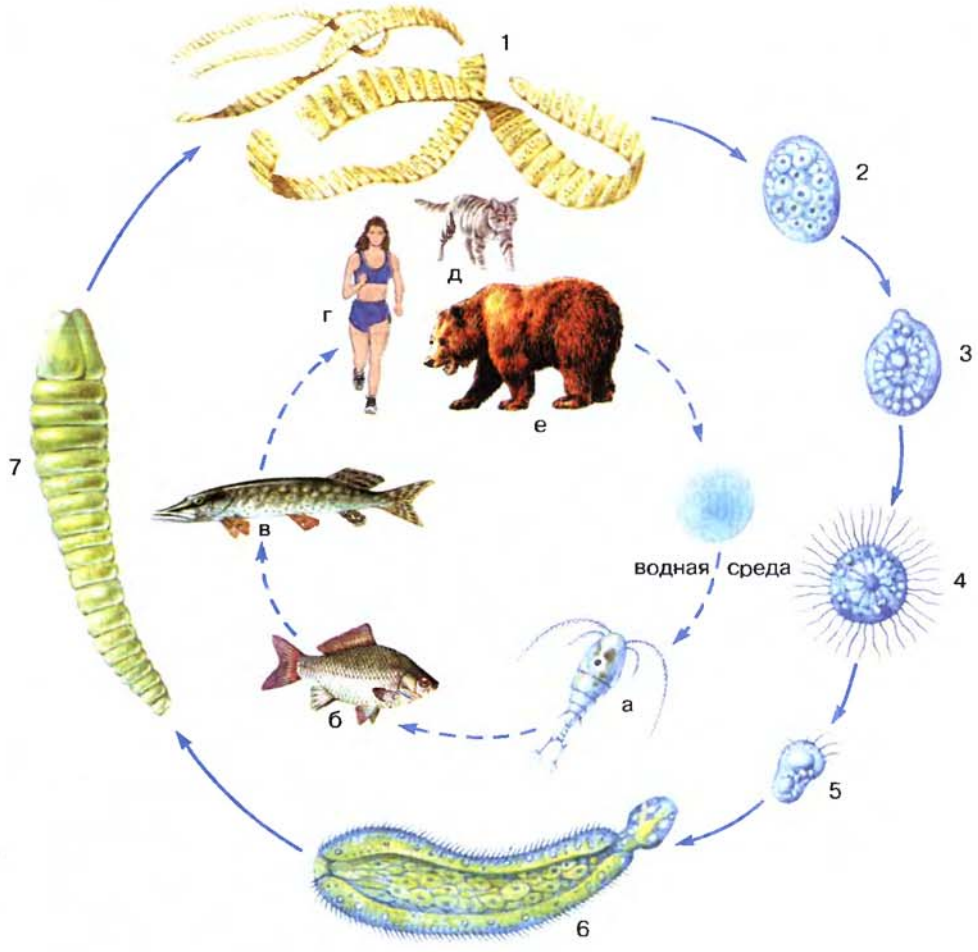


Рис. 24.
Цикл развития широкого лентеца: *1* — взрослый червь в рыбоядных млекопитающих; *2, 3* — яйца; *4* — свободная личинка; *5, 6, 7* — формы, паразитирующие в промежуточных хозяевах; *а, б, в* — промежуточные хозяева; *г, д, е* — основные хозяева

обеспечивается обилием пищи, компенсирует эту гибель. Поэтому говорят, что для паразитов характерен *закон большого числа яиц*.

Паразиты должны также преодолевать защитные реакции организма хозяина. Поэтому чаще всего они поражают ослабленных особей. Например, жуки-короеды, которые с экологической точки зрения являются паразитами деревьев, заселяют стволы хвойных лишь в том случае, если дерево не в состоянии защищаться от них выделением смолы.

❑ **Основные среды жизни. Планктон. Заморы. Паразитизм. Закон большого числа яиц.**	❑ **Освоение разных сред жизни требует различных экологических приспособлений. Виды, населяющие одну и ту же среду, должны реагировать и на общий комплекс условий, и на частные особенности местообитаний. По внешнему строению организмов всегда можно определить, какую среду они населяют и какой образ жизни ведут.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. В водной среде условия жизни ее обитателей сильно различаются в разных частях водоема. В глубине океанов царит вечный мрак. Здесь огромное давление. В глубоких впадинах оно в тысячу раз больше, чем на поверхности Земли. У дна постоянная низкая температура около −2 °С, низкое содержание кислорода. Живут здесь только микроорганизмы и некоторые животные. В верхних слоях морей и океанов вода пронизана светом, аэрирована, температура ее меняется в течение года, в ней обитают водоросли и идет фотосинтез.

2. Пустынные животные обладают удивительными приспособлениями для экономии влаги. Например, у жуков-чернотелок обнаружен замкнутый цикл в использовании воды. Подлежащие выделению продукты обмена веществ поступают из выделительных органов в кишечник в виде растворов, но в задней части кишки вода отсасывается вновь и используется для нового цикла. Дышат насекомые через трахеи, и в сухом воздухе это грозит большой потерей влаги. У жуков-чернотелок надкрылья срослись в прочную непроницаемую для воды «крышу» над телом, полость под которой насыщена водяными парами. Сюда и открываются дыхальца, поэтому иссушение через трахеи жукам не грозит.

3. Разная плотность водной и воздушной среды определяет предельные скорости передвижения животных. Дельфины плавают со скоростью 45 км/ч, а самые быстроходные среди рыб — тунец и меч-рыба — 75 и 90 км/ч. В воздухе же сокол-сапсан в пикирующем полете разгоняется до 290 км/ч, а стрижи летают с обычной скоростью 180 км/ч. Рекордсмен в беге по земле — гепард, его скорость достигает 120 км/ч. Для сравнения: человек в воде плывет со средней скоростью 7 км/ч, а в беге достигает скорости 36 км/ч.

4. Заморы — это массовая гибель водных обитателей от удушья, когда по каким-либо причинам сильно снижается аэрация воды. Летние заморы могут быть в прудах, озерах и даже морях из-за нагревания воды, при котором падает растворимость кислорода. Гибнут в первую очередь рыбы, моллюски и планктонные организмы. Летние заморы часто бывают в Азовском и Балтийском морях.
Зимние заморы возникают даже в реках из-за ледового покрова, который мешает проникновению кислорода из воздуха в воду. Обширные заморные явления каждую зиму возникают на реке Оби, в которую стекают бедные кислородом болотные воды.

5. Паразиты, использующие хозяина и в качестве местообитания, и в качестве источника пищи, сами могут служить хозяевами для других паразитов. Например, наездник апантелес, поражающий гусениц известного вредителя капусты — капустной белянки, сам, в свою очередь, страдает примерно от 20 видов паразитов. Поскольку апантелесов пытаются разводить для борьбы с гусеницами, деятельность их паразитов сильно снижает эффективность таких мер. Иногда на вторичных паразитах поселяются третичные, а в некоторых случаях доходит и до паразитизма в четвертой стадии. Так, в кишечнике головастиков и лягушек паразитируют ресничные простейшие — опалины, на них поселяются амебы, которые, в свою очередь, поражаются микроскопическими грибками.

❑ **Вопросы. 1.** Какие экологические факторы особенно важны в водной и какие — в наземно-воздушной среде жизни? **2.** У некоторых водных позвоночных животных, например у акул, скелет состоит не из костей, а из эластичного хряща. Наземных позвоночных с хрящевым скелетом нет, у них скелеты только костные. Как это объяснить с экологической точки зрения? **3.** Многие паразиты имеют упрощенное строение тела по сравнению со свободноживущими родственными видами. Например, у свиного и бычьего цепней отсутствует кишечник, очень слабо развиты нервная система и органы чувств. Как вы думаете, почему? **4.** Одно из экологических бедствий — кислотные дожди. Они образуются, когда в каплях дождя растворяются промышленные газы, в основном сернистый, в результате чего выпадают практически растворы серной кислоты. Как это может повлиять на жизнь в почве? **5.** Что общего в приспособлениях к среде у таких разных наземных животных, как белый медведь и верблюд? **6.** Мелкие планктонные животные имеют очень разнообразные и причудливые формы. Рассмотрите рисунок 16 и решите, что же все-таки общего во внешнем строении этих видов в связи с их образом жизни в воде.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Влияет ли погода на обитателей водоемов? **2.** Во многих районах с интенсивным земледелием в почвах исчезли черви из-за постоянного внесения ядохимикатов. Как вы думаете, отразится ли это на почвенном плодородии, если в землю регулярно вносят высокие дозы минеральных удобрений? **3.** В научной фантастике рисуют картины построения подводных го-

родов для человека. С решением каких основных проблем столкнутся проектировщики таких городов? **4.** В воздухе постоянно находятся поднятые ветром мелкие насекомые, пауки, семена, споры. Почему же на суше нет сидячих животных, которые питались бы, фильтруя через себя воздух? **5.** Как лучше называть: «воздушная среда жизни» или «наземно-воздушная среда жизни»? Обоснуйте ответ.

§ 5. Пути воздействия организмов на среду обитания

Живые организмы сильно влияют на среду обитания уже тем, что живут в ней. Они дышат, питаются, выделяют продукты обмена, растут и размножаются, перемещаются в пространстве, проявляют разные формы активности. В результате этого изменяются и газовый состав воздуха, и микроклимат, и почва, и чистота вод, и другие особенности местообитаний. И хотя воздействие каждого отдельного организма на окружающую среду может быть мало, масштабы суммарной активности живых существ огромны. Влияние организмов на среду обитания называют их средообразующей деятельностью.

Влияние растений на климат и водный режим. Фотосинтез — главный источник кислорода в земной атмосфере. Растения создают условия для дыхания миллиардам живых существ, включая людей. Потребности в кислороде лишь одного человека за 70—80 лет жизни составляют несколько десятков тонн. Если представить, что фотосинтез на планете прекратится, весь кислород атмосферы израсходуется всего за 2000 лет. Содержание в воздухе азота, углекислого газа и ряда других соединений также зависит от жизнедеятельности различных организмов.

Поглощение и испарение воды наземными растениями влияет на водный режим их местообитаний и на климат в целом. За час выделяется до 2,5 г воды с каждого квадратного дециметра листвы. Это составляет ежечасно многие тонны воды с гектара. Одно только дерево березы испаряет в день до 100 л воды.

Увлажняя воздух, задерживая движение ветра, растительность ***создает особый микроклимат***, смягчающий условия существования многих видов. В лесу колебания температуры в течение года и суток меньше, чем на открытых пространствах. Леса сильно изменяют также условия влажности: снижают уровень грунтовых вод, задерживают осадки, способствуют осаждению росы и тумана, предотвращают эрозию почвы. В них возникает особый световой режим, позволяющий тенелюбивым видам расти под пологом более светолюбивых.

Почвообразующая деятельность живых организмов. Совместная деятельность множества организмов ***создает почву***. Сбрасывая

ежегодно листву, растительность образует на поверхности земли слой мертвого органического вещества. Этот слой растительного опада служит источником пищи и средой обитания для огромного количества мелких организмов — бактерий, грибов, животных, которые разрушают и перерабатывают его до неорганических молекул. Освободившиеся минеральные вещества вновь идут на питание растений. Некоторая часть органических веществ ***превращается в почвенный гумус***. Это сложные соединения, которые улучшают структуру почвы, ее влаго- и воздухопроницаемость. Тем самым улучшаются условия для развития корней растений. Таким образом, процесс образования почвы в первую очередь зависит от пищевой активности множества живых существ, использующих энергию мертвого органического вещества.

Каждый комочек почвы содержит миллионы клеток различных микроорганизмов. Кроме них, на каждый квадратный метр почвы приходятся сотни тысяч мелких животных, различимых только в микроскоп, и тысячи — видимых простым глазом. Особенно важна для жизни почвы деятельность дождевых червей. Их нормальная численность в лесах и на лугах составляет от нескольких десятков до нескольких сотен особей на квадратный метр. Дождевые черви разрыхляют и перемешивают слои почвы, улучшают условия для прорастания корней растений, затягивают вглубь растительные остатки. Выделения из их кишечников представляют прочные

Рис. 25.
Средообразующая деятельность бобров

органо-минеральные комочки. Большое их количество в почве резко улучшает ее структуру и повышает плодородие. При высокой численности дождевые черви за год могут образовывать до 120 т таких комочков на 1 га. Таким образом, почва — это среда обитания, созданная деятельностью самих живых организмов.

Деятельность животных может иногда определять особенности ландшафта. Настоящие плотины устраивают бобры (рис. 25). Крупные животные-норники, такие, как суслики или сурки, обеспечивают мозаичность растительного и почвенного покрова, так как за счет выбросов почвы формируется микрорельеф, перераспределяющий осадки и видовой состав растений (рис. 26).

Влияние водных организмов на качество природных вод. Качество воды в водоемах во многом зависит от фильтрующих животных. Многие из них ведут сидячий образ жизни или «парят» в толще воды, отцеживая из окружающей среды пищевые частицы. Многочисленные пластинчатожаберные моллюски, такие, как устрицы и мидии в морях, а в пресных водах — перловицы, беззубки, дрейссены, ресничками на ротовых лопастях подгоняют воду к ротовому отверстию и сортируют взвесь. При этом частицы, непригодные в пищу, формируются в комочки и осаждаются на дно. Мелкие рачки, такие, как дафнии, отцежива-

Рис. 26.
Роющая деятельность норных животных в степи

Рис. 27.
Ветвистоусые рачки — фильтраторы пресных водоемов

ют пищевую взвесь густыми щеточками щетинок на своих конечностях. Личинки мошек в ручьях отфильтровывают пищу пучками щетинок на голове, а личинки комаров — щетками на верхней губе. Активно процеживают воду через жаберный аппарат некоторые рыбы, как например толстолобик и китовая акула.

Фильтрационное питание наблюдается у 40 тысяч видов водных животных. В результате этой деятельности происходит биологическое *самоочищение водоемов*, и от него зависит качество воды. Одна перловица длиной 5—6 см при температуре 20 °С очищает до 16 л воды в сутки. В прудах и озерах, где много мелких рачков, весь объем воды пропускается через их фильтровальный аппарат всего за один день (рис. 27). Один квадратный метр морского мелководья, густо заселенный моллюсками мидиями, за сутки может очистить до 280 $м^3$ воды. Таким образом, чистота и прозрачность природных вод — результат деятельности живых организмов.

Способность организмов изменять среду обитания широко используется в хозяйственной практике. Для улучшения микроклимата, условий увлажнения и защиты полей от иссушающих ветров в степных районах сажают лесополосы, для очистки воздуха в городах и курортных зонах создают парки и сады. На водоочистительных станциях строят специальные емкости, где поддерживается высокая активность мелких фильтраторов. Используя почвообразующую деятельность животных и микроорганизмов, предприятия по переработке органических отходов производят удобрения для внесения в истощенные почвы.

Условия жизни людей на Земле зависят от средообразующей роли миллиардов живых организмов. И состав воздуха, и качество вод, и почвенное плодородие, и микроклимат складываются из их суммарной деятельности.

❑ Средообразующая деятельность организмов. Фильтрационное питание. Самоочищение водоемов.	❑ **Пути воздействия организмов на среду обитания — их питание, дыхание, выделение, рост, размножение и другие формы активности. Суммарные результаты этого воздействия огромны и проявляются в масштабах всей планеты.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Одна из новейших технологий переработки отходов свиноводческих ферм, которые сильно загрязняют окружающую среду, основана на использовании средопреобразующей деятельности личинок комнатных мух. В специальных контейнерах навоз засевают яйцами мух. Личинки, вышедшие из яиц, питаются им и, кроме того, выделяют наружу вещества, убивающие болезнетворных бактерий и яйца паразитов. Через 5 суток субстрат полностью перерабатывается личинками в рыхлый стерильный перегной, очень ценный как органическое удобрение. Выросших личинок извлекают из субстрата автоматизированными методами и используют как белковый корм на птицефермах и в рыбных хозяйствах. Таким образом, вид, который ранее считался только вредным, превращен в хозяйственно ценный.

2. Для очистки промышленных и городских сточных вод от органических веществ используют деятельность бактерий и мелких фильтраторов (инфузорий, коловраток и др.). Один из видов очистных сооружений — аэротенки. Это длинные емкости глубиной 5 м и шириной 10 м, через которые протекает сточная жидкость. Со дна аэротенка подается воздух в виде мелких пузырьков, поднимающихся кверху. Ток воздуха создает благоприятные кислородные условия для микроорганизмов и простейших, которые размножаются в огромном количестве. Они очищают воду, образуя хлопья так называемого «активного ила». Из аэротенков вода поступает в отстойники, где «активный ил» оседает на дно, а затем вновь используется для зарядки аэротенка.

3. Зеленые насаждения в городе намного улучшают микроклимат. В городских парках в жаркий день температура на 6—8° ниже, чем на улицах. Даже возле газонов на 2—3° прохладнее, чем на тротуаре, за счет испарения растениями влаги. Заметно изменяется и состав городского воздуха. Одно дерево выделяет столько кислорода,

сколько нужно для дыхания 4 человек. Кроме того, растения поглощают примеси некоторых ядовитых газов и выделяют летучие вещества — фитонциды, которые губительны для бактерий, содержащихся в воздухе. Один гектар парка из лиственных деревьев задерживает за год до 100 т пыли. В городах с интенсивной промышленностью рекомендуют высаживать особо газоустойчивые деревья и кустарники: различные тополя, тую западную, клен американский, черемуху, бузину красную и др.

4. Подсчитано, что в Волгоградском водохранилище мелкие двустворчатые моллюски дрейссены с апреля по ноябрь отфильтровывают 840 млрд $м^3$ воды, что в 24 раза превышает полный объем водохранилища. При этом ими осаждается на грунт 29 млн т несъедобной взвеси, в среднем более 8 кг на каждый квадратный метр.

5. Среднее число нор млекопитающих на 1 га составляет в лиственных лесах около 1000, в лесостепи — 7500, в степи — 5000, в пустынях — 1500. Ежегодно норы подновляются или роются на новом месте. Перерытые участки заселяются сорными растениями, которые способны прорастать только на нарушенных местах. Эти растения, которые широко распространены в настоящее время на пахотных почвах, существовали задолго до появления земледелия и обязаны своим происхождением деятельности роющих животных.

❑ **Вопросы. 1.** Известно, что бобовые растения улучшают условия для последующего урожая зерновых. Что же меняют они в окружающей среде? **2.** Приведите примеры диких животных и растений, для которых человеческая деятельность явно улучшила среду их обитания. **3.** Приведите свои примеры преобразования организмами окружающей их среды. **4.** Загрязнены ли водоемы там, где вы живете? Много ли в них водных обитателей? Есть ли среди них фильтраторы? **5.** В почву часто вносят ядохимикаты для борьбы с вредителями растений. Как это может отразиться на процессах разложения растительных остатков? **6.** Какое влияние оказывают лесополосы вокруг полей на условия произрастания сельскохозяйственных культур? **7.** Возможности самоочищения водоемов сильно снижаются при сбросе в них теплых промышленных вод. Почему? Почему это явление называют тепловым загрязнением водоемов?

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Растения можно выращивать без почвы, на гидропонике, т. е. в растворах питательных веществ, и получать большие урожаи. Значит ли это, что нарушения почвообразующей деятельности живых организмов уже не являются предметом беспокойства для людей? **2.** Гнус (комары и мошки) в некоторых районах сильно досаждает человеку. Обсудите, что произойдет с окружающей средой, если полностью уничтожить этих насекомых, применив ядохимикаты. **3.** Если в природе так много фильтрующих организмов и так велики возможности самоочищения водоемов, то почему же возникла проблема загрязнения вод? **4.** Правильно ли используют роль зеленых насаждений для улучшения среды в том районе, где вы живете?

ВСПОМНИТЕ

Почва

Плотность воды, воздуха

Паразитизм

Окислительные реакции

§ 6. Приспособительные формы организмов

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

Если перед нами четвероногое животное с сильно развитой мускулатурой бедер на задних конечностях и гораздо более слабой — на передних, которые к тому же и укорочены, с относительно короткой шеей и длинным хвостом, то мы с уверенностью можем сказать, что это — наземный прыгун, способный к быстрым и маневренным движениям, обитатель открытых пространств. Так выглядят и зна-

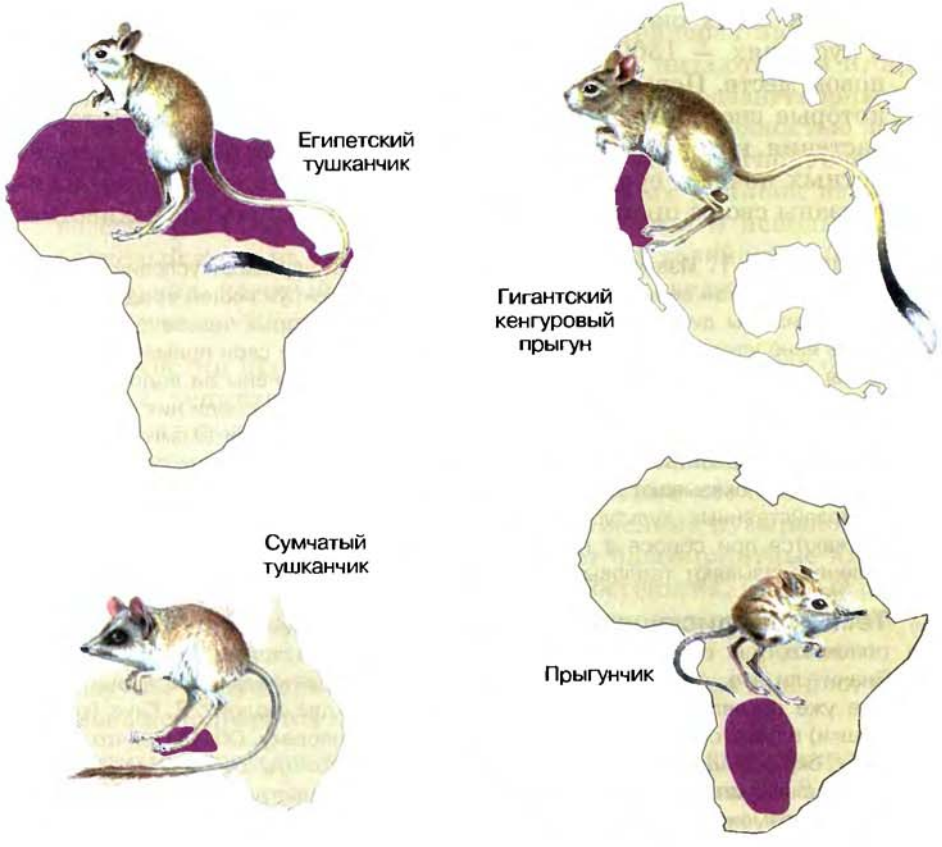


Рис. 28.
Конвергентное сходство прыгающих животных разных континентов

Рис. 29.
Медведка и крот

менитые австралийские кенгуру, и пустынные азиатские тушканчики, и африканские прыгунчики, и многие другие прыгающие млекопитающие — представители различных отрядов, живущие на разных континентах (рис. 28). Они обитают в степях, прериях, саваннах — там, где быстрое передвижение по земле — главное средство спасения от хищников. Длинный хвост служит балансиром при быстрых поворотах, иначе животные теряли бы равновесие.

Бедра сильно развиты на задних конечностях и у прыгающих насекомых — саранчи, кузнечиков, блох, жуков-листоблошек.

Компактное тело с коротким хвостом и короткими конечностями, из которых передние очень мощные и выглядят похожими на лопату или грабли, подслеповатые глаза, короткая шея и короткий, как бы подстриженный, мех говорят нам о том, что перед нами подземный зверек, роющий норы и галереи (рис. 29). Это может быть и лесной крот, и степной слепыш, и австралийский сумчатый крот, и многие другие млекопитающие, ведущие сходный образ жизни.

Роющие насекомые — медведки также отличаются компактным, коренастым телом и мощными передними конечностями, похожими на уменьшенный ковш бульдозера. По внешнему виду они напоминают маленького крота.

Все летающие виды имеют развитые широкие плоскости — крылья у птиц, летучих мышей, насекомых или расправляющиеся складки кожи по бокам тела, как у планирующих летяг или ящериц.

Организмы, расселяющиеся путем пассивного полета, с потоками воздуха, характеризуются мелкими размерами и очень разнообразной формой. Однако у всех есть одна общая черта — сильное развитие поверхности по сравнению с весом тела. Это достигается разными путями: за счет длинных волосков, щетинок, разнообразных выростов тела, его удлинения или уплощения, облегчения удельного веса. Так выглядят и мелкие насекомые, и плоды-летучки растений (рис. 31).

Внешнее сходство, возникающее у представителей разных неродственных групп и видов в результате сходного образа жизни, называют ***конвергенцией.***

Она затрагивает преимущественно те органы, которые непосредственно взаимодействуют с внешней средой, и гораздо слабее проявляется в строении внутренних систем — пищеварительной, выделительной, нервной (рис. 30).

Форма растения определяет особенности его отношений с внешней средой, например способ перенесения холодного времени года. У деревь-

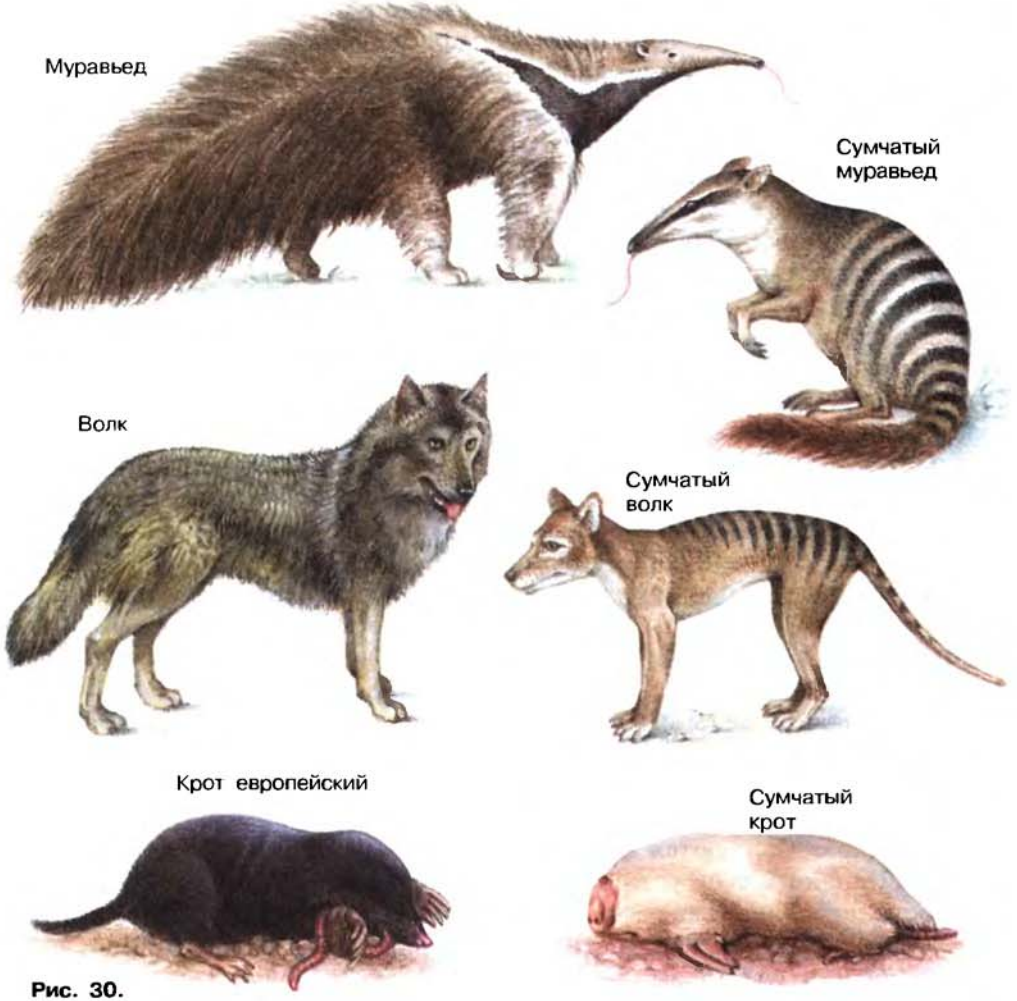


Рис. 30.
Жизненные формы плацентарных и сумчатых млекопитающих

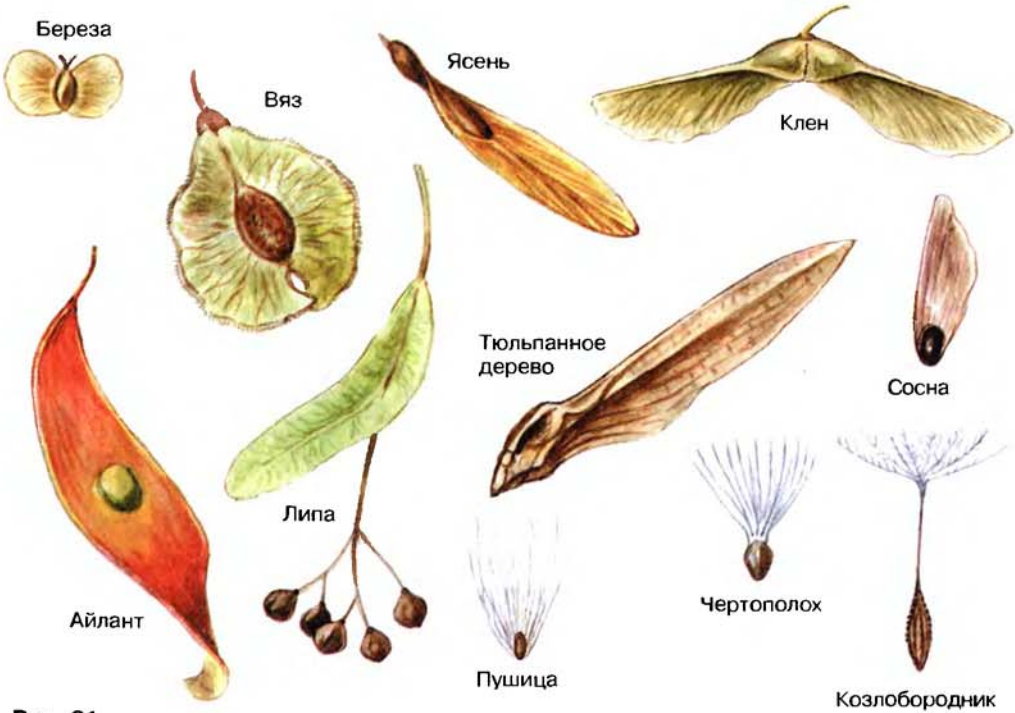


Рис. 31.
Семена и плоды растений, распространяемые ветром

ев и высоких кустарников самые уязвимые их части — почки возобновления подвержены зимним ветрам и морозам. У многолетних трав с отмирающими на зиму побегами они скрыты под снегом и слоем опада. У луковичных и корневищных растений — защищены еще и слоем земли. Однолетники переносят неблагоприятное время года в состоянии покоящегося семени.

Форма лианы — со слабым стволом, обвивающим другие растения, может быть как у древесных, так и у травянистых видов. К ним относятся виноград, хмель, луговая повилика, тропические лианы. Обвивая стволы и стебли прямостоячих видов, лиановидные растения выносят свои листья и цветки к свету (рис. 32).

В сходных климатических условиях на разных материках возникает сходный внешний облик растительности, которая состоит из различных, часто совершенно не родственных видов.

Внешнюю форму, отражающую способ взаимодействия со средой обитания, называют жизненной формой вида. ***Разные виды могут иметь сходную жизненную форму,*** *если ведут близкий образ жизни.*

Рис. 32.
Растения-лианы: *1* — повилика; *2* — хмель

Жизненная форма вырабатывается в ходе вековой эволюции видов. Те виды, которые развиваются с метаморфозом, в течение жизненного цикла закономерно сменяют свою жизненную форму. Сравните, например, гусеницу и взрослую бабочку или лягушку и ее головастика. Некоторые растения могут принимать разную жизненную форму в зависимости от условий произрастания. Например, липа или черемуха могут быть и прямостоящим деревом, и кустом.

Сообщества растений и животных устойчивее и полноценнее, если они включают представителей разных жизненных форм. Это значит, что такое сообщество полнее использует ресурсы среды и имеет более разнообразные внутренние связи.

Состав жизненных форм организмов в сообществах служит как бы индикатором особенностей окружающей их среды и происходящих в ней изменений.

Инженеры, конструирующие летательные аппараты, внимательно изучают разные жизненные формы летающих насекомых. Созданы модели машин с машущим полетом, по принципу движения в воздухе двукрылых и перепончатокрылых. В современной технике сконструированы шагающие машины, а также роботы с рычажным и гидравлическим способом движения, как у животных разных жизненных форм. Такие машины способны передвигаться по крутым склонам и бездорожью.

❑ **Конвергенция. Жизненная форма.**	❑ **Форма тела животных и растений отражает их приспособленность к определенному образу жизни. Даже неродственные виды могут быть внешне похожими, если ведут сходный образ жизни в сходной среде.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Высоко в горах можно встретить удивительной формы растения-подушки. Их сильно ветвящиеся побеги так коротки и тесно скучены, что растения напоминают плотные полушария. В условиях низких температур и сильных ветров такая форма роста защищает нежные почки от неблагоприятных воздействий.
   В суровых полярных пустынях, где почти не растут цветковые, подушковидную форму имеют куртинки мхов и лишайников, ютящиеся по трещинам мерзлого грунта.

2. По законам физики тело, быстро двигающееся в воде или воздухе, должно преодолевать лобовое сопротивление, сила которого зависит от плотности среды, скорости движения и формы тела. По расчетам, в воде такое сопротивление меньше всего в том случае, если длина быстродвижущегося тела относится к его диаметру примерно как 5:1. Действительно, именно такие пропорции свойственны наиболее быстро плавающим животным — дельфинам, меч-рыбе, тунцам, китам, вымершим водным ящерам — ихтиозаврам. Головоногие моллюски — кальмары, когда плывут, складывают свои щупальца и тоже принимают торпедовидную форму. По форме тела плывущего животного можно безошибочно определить ту максимальную скорость, на которую оно способно.

3. Впервые на сходство форм разных видов животных в связи со сходным образом жизни указал в XIX в. К. Ф. Рулье, профессор Московского университета. В лекциях по зообиологии он описал общие черты «водяных», «воздушных» и «земляных» животных, указав на приспособления к плаванию, полету, прыганью, лазанью и рытью.
   Основоположником учения о сходстве форм у растений был известный немецкий ботаник-путешественник А. Гумбольдт. В начале XIX в. он описал внешнее сходство растений на разных континентах в похожих климатических условиях.

4. По правилу Аллена, установленному еще в XIX в., существует связь между строением тела теплокровных животных (птиц и мле-

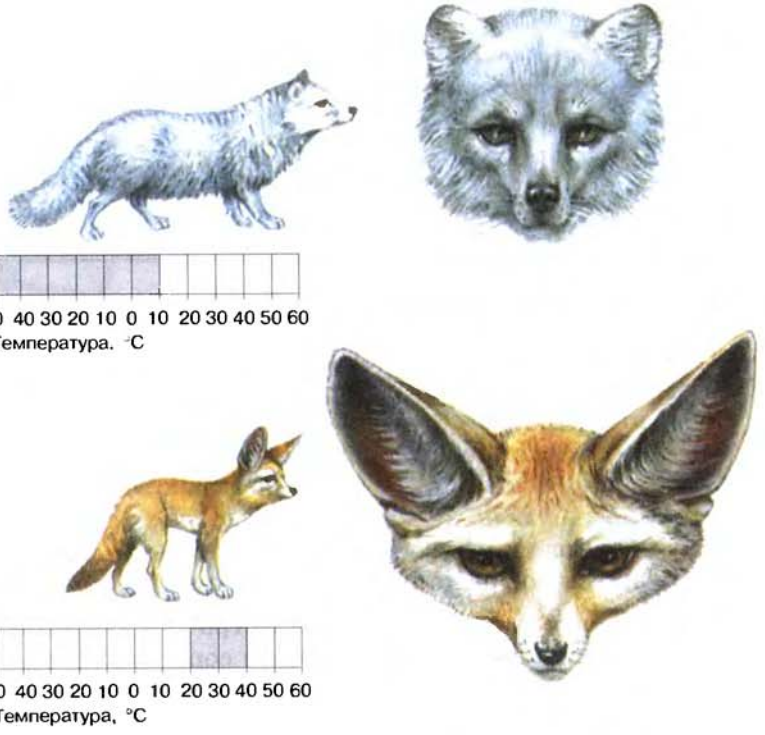


Рис. 33. Внешний облик (длина конечностей и ушей) песца и африканской лисицы фенек и температура окружающей их среды

копитающих) и климатом, в котором они живут. У животных холодного климата все выступающие части тела (уши, хвост, конечности) намного короче, чем у родственных им видов в теплых краях. Эти особенности строения уменьшают общую поверхность тела, через которую происходят потери тепла из организма (рис. 33).

5. Любая группа организмов имеет свои приспособительные формы. По внешнему облику можно легко определить, в каких условиях живет данный вид. Например, среди саранчовых насекомых обитатели густой злаковой растительности отличаются зеленым цветом, стройным, сжатым с боков телом с гладкими покровами, заостренной формой головы. У обитателей открытых пустынных участков тело коренастое, широкое, покрыто бугорками и морщинками, окрашено под цвет грунта, угол головы тупой, задние бедра очень мощные (рис. 34).

❑ **Вопросы. 1.** Конвергентное сходство видов облегчает или затрудняет работу систематиков? Почему? **2.** Основоположник современной систематики Карл Линней, живший в XVIII в., сначала относил китов к рыбам и лишь через несколько лет исправил свою ошибку. Объясните, на основании чего он мог прийти к ложному

Рис. 34.
Два вида саранчи: обитатель травостоя и каменистого грунта

заключению и что могло послужить доказательством истинного систематического положения китообразных. **3.** Среди мелких почвенных животных различают жизненные формы поверхностных и глубинных обитателей. Как изменится состав жизненных форм таких животных в местах массового отдыха, где ходит очень много людей? **4.** Какие общие приспособительные черты можно отметить во внешней форме верблюда и страуса? **5.** В каких условиях адаптивна форма растения перекати-поле? **6.** Во влажном тропическом климате среди растительности преобладают древесные формы, в умеренном и холодном увеличивается доля травянистых многолетников с подземными почками возобновления. Объясните, с чем это связано.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Применимо ли правило Аллена к человеку? **2.** Какие изменения — в составе видов или в составе жизненных форм — отражают более серьезные перестройки в природных сообществах? Как вы предложите в связи с этим организовать службу мониторинга в заповедниках? **3.** Предложите конструкцию парящего в воде аппарата на основе анализа жизненных форм у представителей планктона (см. рис. 16). **4.** Экологическая инженерия разрабатывает принципы создания искусственных сообществ и восстановления нарушенных. Вам надо создать парк для отдыха. С чего следует начинать планирование мероприятий — с подбора жизненных форм или видов растений? Почему? **5.** Перед вами задача — восстановить лес на безжизненных глинистых отвалах в местах добычи полезных ископаемых. Какие формы растений и животных вы подберете для этих целей?

ВСПОМНИТЕ

Суточные и сезонные изменения в природе

§ 7. Приспособительные ритмы жизни

Жизнь на Земле развивалась в условиях регулярной смены дня и ночи и чередования времен года из-за вращения планеты вокруг своей оси и вокруг Солнца. Ритмика внешней среды создает периодичность, т. е. повторяемость условий в жизни большинства видов. Регулярно повторяются как критические, трудные для выживания периоды, так и благоприятные.

Приспособленность к периодическим изменениям внешней среды выражается у живых существ не только непосредственной реакцией на изменяющиеся факторы, но и в наследственно закрепленных внутренних ритмах.

Суточные ритмы. Суточные ритмы приспосабливают организмы к смене дня и ночи. У растений интенсивный рост, распускание цветков приурочены к определенному времени суток. Животные в течение суток сильно меняют активность. По этому признаку различают дневные и ночные виды.

Суточный ритм организмов — это не только отражение смены внешних условий. Если поместить человека, или животных, или растения в постоянную, стабильную обстановку без смены дня и ночи, то сохраняется ритмика процессов жизнедеятельности, близкая к суточной (рис. 35). Организм как бы живет по своим внутренним часам, отсчитывая время.

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

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

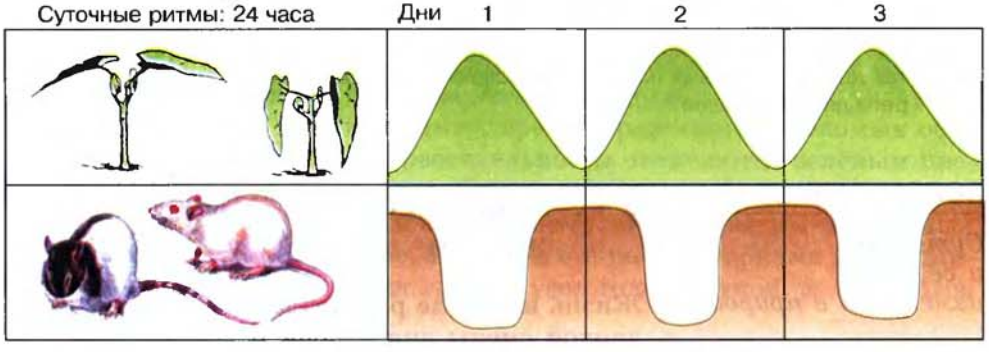


Рис. 35.
Суточные ритмы движения листьев фасоли и активности крыс в условиях постоянного освещения в лаборатории

выявляется не у всех. Например, крохотные землеройки сменяют активность и отдых каждые 15—20 минут, невзирая на день или ночь. Из-за высокой скорости обмена веществ они вынуждены питаться круглосуточно.

В опытах при строго постоянных условиях плодовые мушки-дрозофилы сохраняют суточный ритм в течение десятков поколений. Эта периодичность передается у них по наследству, как и у многих других видов. Так глубоки приспособительные реакции, связанные с суточной цикликой внешней среды.

Нарушения суточной ритмики организма в условиях ночной работы, космических полетов, подводного плавания и т. п. представляют серьезную медицинскую проблему.

Годовые ритмы. Годовые ритмы приспосабливают организмы к сезонной смене условий (рис. 36). В жизни видов периоды роста, размножения, линек, миграций, глубокого покоя закономерно чередуются и повторяются таким образом, что критическое время года организмы встречают в наиболее устойчивом состоянии. Самый же уязвимый процесс — размножение и выращивание молодняка — приходится на наиболее благоприятный сезон. Эта периодичность смены физиологического состояния в течение года во многом врожденная, т. е. проявляется как внутренний годовой ритм. Если, например, австралийских страусов или дикую собаку динго поместить в зоопарк Северного полушария, период размножения у них наступит осенью, когда в Австралии весна. Перестройка внутренних годовых ритмов происходит с большим трудом, через ряд поколений.

Подготовка к размножению или к перезимовке — длительный процесс, который начинается в организмах задолго до наступления критических периодов.

Резкие кратковременные изменения погоды (летние заморозки, зимние оттепели) обычно не нарушают годовых ритмов растений и животных. Главный экологический фактор, на который реагируют организмы в своих годовых циклах, — не случайные изменения погоды, а *фотопериод* — изменения в соотношении дня и ночи.

Длина светового дня закономерно изменяется в течение года, и именно эти изменения служат точным сигналом приближения весны, лета, осени или зимы.

> *Способность организмов реагировать на изменение длины дня получила название* ***фотопериодизм.***

Если день сокращается, виды начинают готовиться к зиме, если удлиняется — к активному росту и размножению. В этом случае для жизни организмов важен не сам фактор изменения длины дня и ночи,

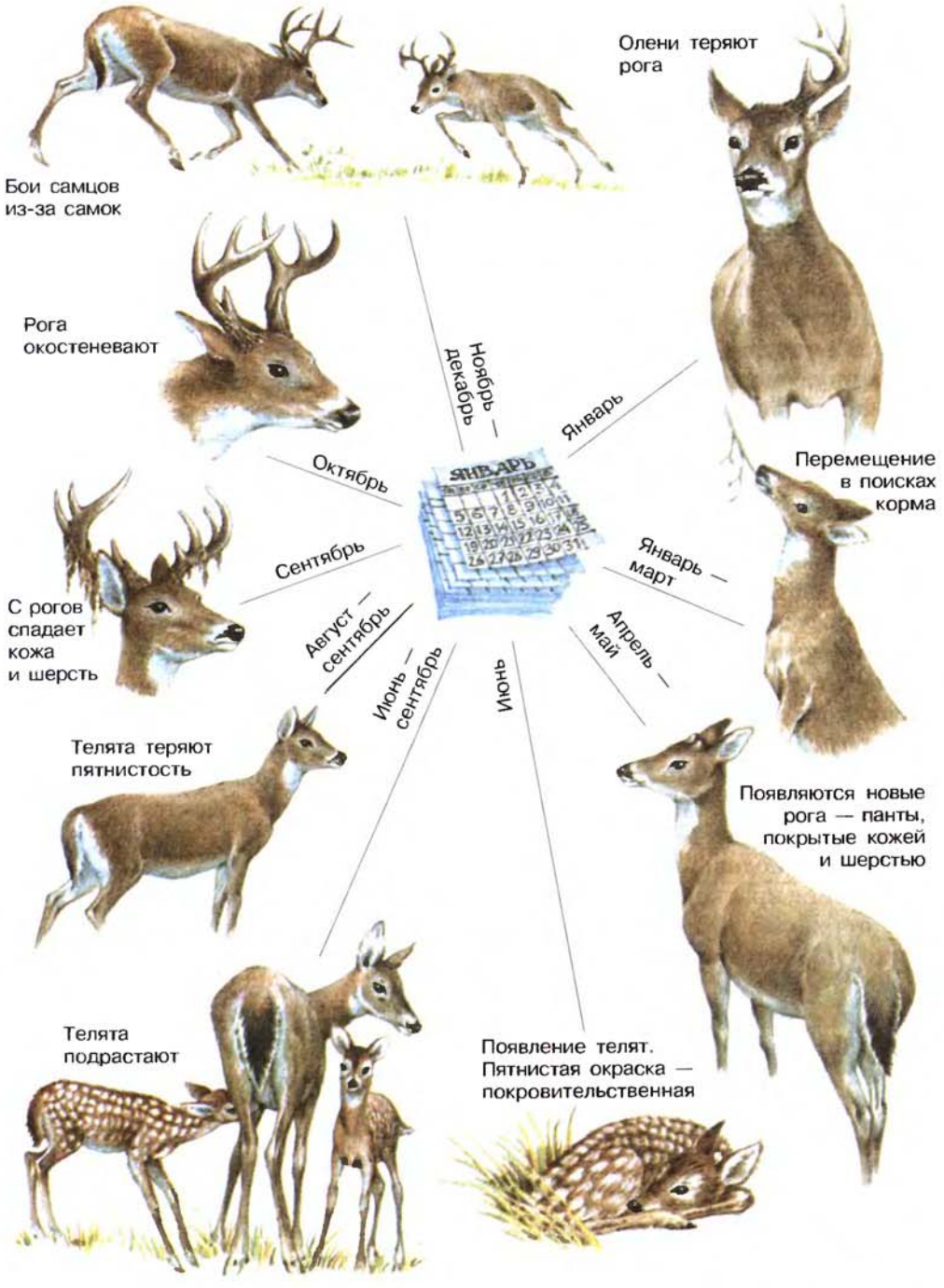


Рис. 36. Годовой цикл в жизни оленей

а его ***сигнальное значение***, свидетельствующее о предстоящих глубоких изменениях в природе.

Как известно, длина дня сильно зависит от географической широты. В северном полушарии на юге летний день значительно короче, чем на севере. Поэтому южные и северные виды по-разному реагируют на одну и ту же величину изменения дня: южные приступают к размножению при более коротком дне, чем северные.

- **Суточные ритмы. Годовые ритмы. Фотопериод. Фотопериодизм.**

- **Суточные, годовые и приливно-отливные ритмы жизнедеятельности организмов приспосабливают их к циклическим изменениям во внешней среде. На приближающийся сезон года животные и растения настраиваются заранее, реагируя на изменения фотопериода.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Исследователи пещер — спелеологи подробно изучали свою суточную ритмику. Они спускались в пещеру на длительный срок (1—3 месяца) без часов и строили свой режим работы, сна, еды и отдыха на основании собственных ощущений времени. Связь с поверхностью была односторонняя, они не получали никакой информации извне. Снаружи их сигналы тщательно записывались и анализировались. Оказалось, что в постоянных условиях человек сохраняет регулярную цикличность сна и бодрствования, но период этого цикла не совсем точно равен 24 часам, а может отличаться на несколько минут. За много суток эта разница суммируется, и через некоторое время спелеологи ложатся спать тогда, когда на поверхности день, а бодрствуют ночью. По окончании эксперимента оказывается, что их отсчет времени на несколько дней не совпадает с реальными датами.

   Такие же результаты получены в многочисленных опытах с животными. Их внутренний ритм в постоянных условиях оказывается не строго суточным, а околосуточным, при смене же дня и ночи внешняя ритмика как бы поправляет внутреннюю и настраивает ее на 24 часа.

2. Самая сложная ритмика у обитателей морской приливно-отливной зоны. Так, у берегов Атлантического океана вода поднимается и спадает дважды в сутки с периодом 12,4 часа. Следовательно,

точное время приливов постепенно сдвигается. На время отлива моллюски плотно сжимают раковины, а рачки прячутся в песок или под мокрые водоросли. На этот ритм их жизни, кроме того, накладывается еще и суточная периодичность. Рачки и крабы во время дневных приливов ведут себя активнее, чем ночью.

3. В одном из экспериментов белок-летяг держали в клетках при постоянной темноте. Зверьки эти в природе активны ночью, а днем спят. При регулярной смене дня и ночи они дружно просыпаются и засыпают примерно в одно и то же время. В опыте же каждая летяга жила по собственному околосуточному ритму, а он оказался слегка различным у разных особей: у одних отставал от суток на 5—10 минут, у других — на несколько минут опережал сутки. В результате через некоторый период наступило полное рассогласование общей активности: каждый зверек просыпался и засыпал в свое время. Когда восстановили смену дня и ночи, активность летяг снова упорядочилась.

4. Виды с широким распространением по-разному реагируют на одну и ту же продолжительность дня в разных частях своего ареала. Критическая длина дня, при которой прекращается рост и развитие личинок у бабочки стрельчатки щавелевой, на широте Сухуми — 14,5 часа, в окрестностях Витебска — 18,06, а под Санкт-Петербургом — 19,5 часа.

❑ **Задания. 1.** Нарисуйте на листе бумаги цветочные часы, определив такую последовательность посадки разных растений на клумбе, чтобы по ней можно было определять время. В таблице приведен сокращенный список тех видов, из которых известный шведский ботаник Карл Линней впервые создал такие часы в окрестностях города Упсала, где он жил и работал. **2.** В некоторых особо засушливых районах Австралии и Африки годовые ритмы размножения у местных видов птиц не проявляются. Они откладывают яйца через разные периоды времени сразу же после редких дождей. Объясните, в чем причины такого исключения. Следует ли ожидать у этих видов проявления фотопериодизма? **3.** Измерьте у себя по пульсу ритм сердечных сокращений в спокойном состоянии в разное время суток (например, в 8, 15 и 21 час). Повторите измерения в течение 3—4 дней. Сопоставьте результаты. Проявляется ли суточный ритм в частоте ваших сердечных сокращений? **4.** Приведите примеры видов, у которых, по вашему мнению, не должно быть суточных ритмов, и объясните, почему вы так думаете. **5.** На бульварах города в суровую зиму вымерзла часть тополей. Больше всего пострадали деревья, растущие возле уличных фонарей. Почему?

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Многие уверяют, что ночью в тишине гораздо продуктивнее подготовка к экзаменам, чем днем. Согласны ли вы с этим? Обоснуйте ответ. **2.** Если бы от вас зависела организация работы в ночную смену на предприятии, что бы вы выбрали: а) постоянную ночную работу с повышенной оплатой для тех, кто согласен на такой режим; б) чередование дневной и ночной

работы для каждого с увеличенным отдыхом после ночи; в) только дневную работу для одних и чередование дневных и ночных смен для других работников, какие-либо другие формы организации труда? Обоснуйте ответ. **3.** Как, по-вашему, лучше организовать доставку спортивной команды на всемирные соревнования из Москвы в Японию: а) самолетом за два дня до соревнования; б) самолетом за две недели до его начала; в) поездом и затем на корабле за неделю до начала? Обоснуйте ваше решение. **4.** У людей рождение детей не приурочено к какому-либо времени года. Каково ваше мнение, может ли фотопериод иметь влияние на состояние человеческого организма? Почему да или почему нет? **5.** Среди растений умеренного или тропического климата встречаются виды, наиболее чувствительные к длине дня?

Время раскрытия и закрытия цветков растений в окрестностях города Упсала

Виды растений	Время (часы суток)	
	раскрытия цветков или соцветий	закрытия цветков или соцветий
Козлобородник луговой	3—5	9—10
Гвоздика сизая	8	13
Торичник полевой	9—10	14—15
Мак исландский	5	19
Цикорий	4—5	10
Ястребинка обыкновенная	6—7	14
Одуванчик	5—6	8—10
Краснодневрыжий	5	19—20
Пузырник	6—7	16
Кувшинка белая	7	17
Осот	5	12
Календула полевая	9—10	12

Глава 2

Сообщества и популяции

ВСПОМНИТЕ

Опылители
Симбиоз
Лишайники
Клубеньковые бактерии

§ 8. Типы взаимодействия организмов

Жизнь любого живого существа невозможна без других. Его благополучие зависит от многих видов, которые так или иначе на него воздействуют.

Весь мир животных, грибов и значительная часть бактерий живет за счет тех соединений, которые создаются растениями. Но и растения не могли бы существовать без микроорганизмов, освобождающих минеральные соли из мертвого опада (рис. 37), животных — опылителей и распространителей семян, грибов, помогающих питанию корней, или других растений, создающих необходимый микроклимат.

Связи между разными организмами называют *биотическими.* Вся живая природа пронизана этими связями. Они необыкновенно разнообразны в деталях, могут быть прямыми или косвенными и имеют разное значение в жизни видов.

Прямые связи осуществляются при непосредственном влиянии одного вида на другой (например, хищника на жертву). *Косвенные* — через влияние на внешнюю среду или на другие виды.

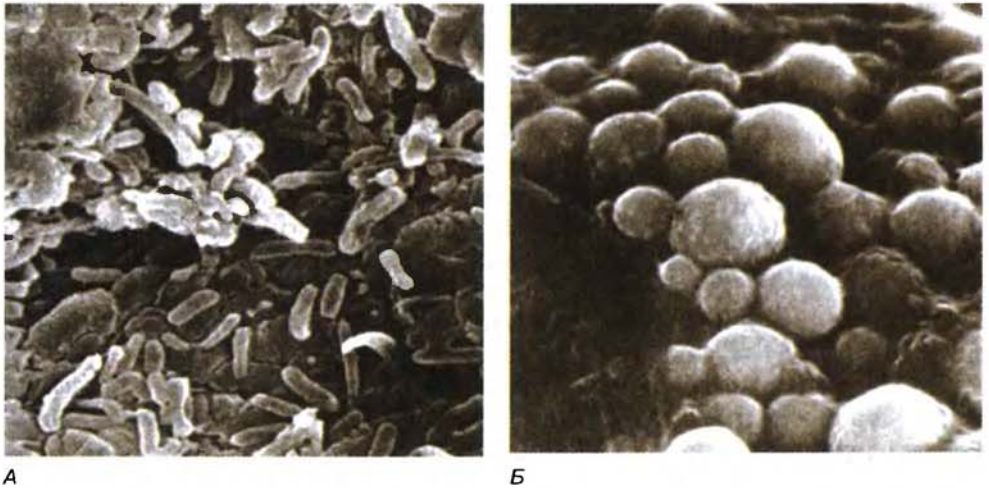
Различают разные типы отношений между организмами. Прямые *пищевые,* или *трофические, связи* — основные в природе. Они поддерживают жизнь организмов. Каждый вид, размножаясь, не только обеспечивает свое существование, но и служит источником энергии для других.

Одни виды потребляют живую пищу, другие — остатки растений или мертвых животных, или помет, или растворы органических веществ.

В природе есть специализированные виды, питающиеся только одним или немногими другими видами, и есть многоядные, с широкими пищевыми связями. К ним относится и человек. Люди могут питаться сотнями видов растений, животных и грибов. Это значит, что энергетические потребности человека обеспечиваются очень широкими трофическими связями с живой природой.

Другой тип отношений — *конкуренция* возникает на основе не прямых, а косвенных взаимодействий. Конкуренция связана с тем, что представители совместно живущих видов сообща используют одни и те же ресурсы, которые обычно ограничены. Ресурсы могут быть как пищевые (например, одни и те же виды жертв у хищников или растений — у травоядных), так и другого рода, например наличие мест для выведения потомства, убежищ для защиты от врагов и т. п. В этих случаях, даже если конкурирующие виды мирно сосуществуют, присутствие другого вида неблагоприятно для каждого из них, так как часть необходимых ресурсов используется другим.

Конкурировать могут в природе как близкие виды, так и представители очень далеких групп. Например, суслики в сухой степи выедают до 40% растительного прироста. Это значит, что пастбища могут прокормить меньшее число овец или сайгаков. А в годы массового размножения саранчи пищи не хватает ни сусликам, ни овцам.



А *Б*

Рис. 37.
Почвенные микроорганизмы, освобождающие минеральные соединения из растительных остатков: *А* — бактерии; *Б* — дрожжи

Третий тип взаимодействия организмов прямо противоположен конкуренции. Это взаимовыгодные, *взаимополезные отношения.* В экологии такие связи называют мутуалистическими или *мутуализмом.* Для ряда видов эти отношения настолько важны, что они даже не могут выжить без другого. Возникает *симбиоз* — тесное взаимовыгодное сожительство разных видов.

Многие цветковые растения, например, не могут расти без связи с грибами или клубеньковыми бактериями. Симбиоз с грибами или бактериями улучшает корневое питание растений, которые, со своей стороны, обеспечивают их растворимыми сахарами и другими продуктами фотосинтеза. Лишайники, как известно, представляют собой взаимное сожительство грибов и водорослей (рис. 38). Множество животных не смогли бы переваривать пищу без одноклеточных симбионтов пищеварительного тракта — бактерий и простейших.

Полезные связи объединяют самые разные группы организмов: растения, животных, грибы и бактерии — и широко распространены в природе (рис. 39). Сочные плоды у покрытосеменных растений — это их приспособление к привлечению животных, которые распространяют семена, защищенные от переваривания плотными оболочками.

Пищевые отношения, конкуренция и мутуализм — это *двусторонние* типы связей. Кроме них существуют отношения, имеющие последствия *только для одного* из взаимодействующих видов.

Существуют отношения, полезные одному из партнеров и безразличные для другого. Например, некоторые животные либо питаются остатками пищи представителей другого вида, либо используют их убежища, норы, гнезда, не принося хозяину ни вреда, ни пользы. Так, в норах степных и пустынных грызунов спасаются от жары сотни видов насекомых, пауков, многоножек и других мелких животных.

Возникает и противоположный тип отношений, когда присутствие одного вида не позволяет выжить другому. Например, под тенистой елью погибают проростки всех светолюбивых трав, а пенициллиновые плесневые грибки выделяют антибиотики, губительные для ряда бактерий.

Наконец, если совместно живущие виды связаны только через цепь других видов и непосредственно не взаимодействуют, уживаясь в одном сообществе, то их отношения называют *нейтральными.* Синицы и мыши в одном лесу — нейтральные виды.

Хотя взаимодействия организмов очень разнообразны, они приводят лишь к трем главным результатам: 1) обеспечению пищей, 2) изменению среды обитания, 3) расселению видов в пространстве.

В результате сложности и переплетенности связей между видами неосторожное вмешательство человека в жизнь природы может вызвать цепную реакцию событий, которые приведут к неожиданным и нежелательным последствиям.

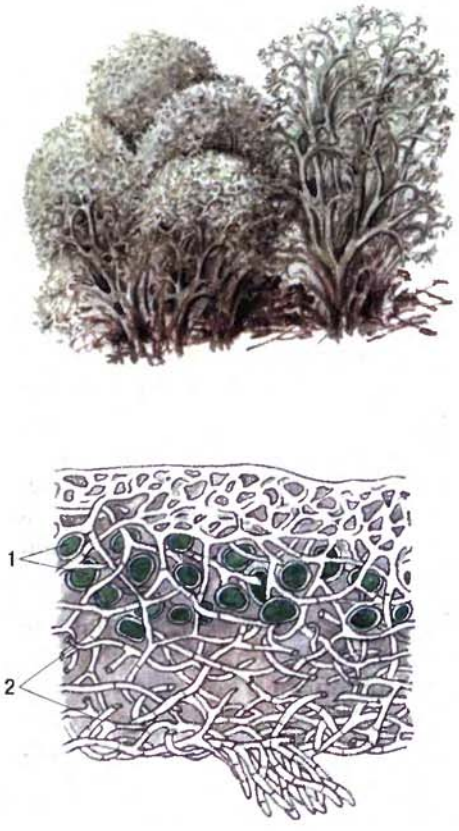


Рис. 38.
Лишайник кладония — пример симбиоза:
1 — клетки водорослей; *2* — грибные гифы

Рис. 39.
Насекомые на цветках

- **Биотические связи. Прямые и косвенные связи. Пищевые (трофические) отношения. Конкуренция. Взаимовыгодные отношения — мутуализм. Симбиоз. Нейтральные отношения.**

Все живые организмы связаны между собой различными типами отношений, которые могут быть прямыми и косвенными. Важнейшие из них — пищевые, конкурентные и взаимовыгодные отношения.

■ Примеры и дополнительная информация

1. Россия издавна славилась собственным жемчугом, который добывали в северных реках из раковин пресноводных двустворчатых моллюсков — европейской жемчужницы. Они живут крупными скоплениями и эффективно очищают воду. Каждый моллюск пропускает через себя более 50 л воды в сутки. Весной самка выбрасывает в воду до 3,5 млн крохотных личинок. Личинки могут прожить лишь 2—3 суток, если не успеют прикрепиться к жабрам мальков лососевых рыб — семги, форели, хариуса, которые появляются из икринок в то же время. Чистота воды имеет особое значение для развития лососей, в мутных реках икра погибает. Около месяца личинки жемчужницы паразитируют на жабрах рыб, затем освобождаются, падают на дно и начинают вести самостоятельную жизнь. Сейчас жемчужницы в реках практически исчезли. Одна из причин — перевылов лососей. Без них у жемчужниц не вырастает потомство, а без моллюсков реки не очищаются до такой степени, чтобы могла развиваться икра лососей.

2. На основании пищевых связей формируются сложные жизненные циклы паразитов. Один из них — широкий лентец, плоский червь с большим числом члеников, паразитирующий в тонких кишках человека. Он достигает 10 м длины и продуцирует огромное количество яиц. Если яйца смываются в водоемы, они могут быть проглочены мелкими рачками — циклопами и начинают в них свое развитие. Если циклопы проглатываются рыбами, зародыши лентеца пробираются из желудка рыб в мышцы и печень, где продолжают развитие. Человек заражается, если съест такую рыбу в непрожаренном или непросоленном виде. Широкий лентец чаще встречается у человека в тех районах, где существует обычай есть строганину — мелко настроганную сырую мороженую рыбу.

3. Пример экологической цепной реакции, вызванной нарушением связей между видами, — «цветение» водоемов. До 40% вносимых на поля удобрений смывается в озера, пруды, реки, водохранилища, где служат причиной массового размножения одноклеточных водорослей. Потребители водорослей не успевают их уничтожать, в результате чего большая масса отмерших клеток разлагается бактериями. Вода мутнеет, приобретает неприятный запах. В ней резко снижается содержание кислорода, иногда появляются токсические вещества. Происходят массовая гибель и отравление рыб, моллюсков и других водных обитателей. Снижение качества воды

отражается на здоровье людей и приводит к необходимости больших затрат на очистку.

❑ **Вопросы. 1.** Приведите примеры: 1) прямых и косвенных и 2) односторонних и двусторонних связей между видами. **2.** Подумайте, какие типы связей возникают в лесных сообществах между такими парами видов, как белка и дятел, синица и дятел, дождевой червь и дуб, заяц-беляк и синица. **3.** Какими будут последствия для урожая, если усилить или ослабить каждую из трех связей в пищевой цепи: культурное растение — растительноядные насекомые — их паразиты — сверхпаразиты? **4.** Приведите примеры возможного использования взаимовыгодных отношений между видами при разведении лесов в степных районах.

❑ **Задания. 1.** Начертите схему пищевых связей волка и зайца, учитывая, что каждый из них — многоядный вид и сам служит источником пищи для других. Каждый вид обозначьте кружком, каждую связь — стрелкой от жертвы к хищнику. **2.** Предложите методы предупреждения заражения человека широким лентецом на основе анализа жизненного цикла паразита и его связей с другими видами.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Всегда ли присутствие сорняков на полях оказывается вредным для культурных растений? **2.** Встреча хищника и жертвы часто оказывается для жертвы роковой. Однако известно много случаев, когда уничтожение видов хищников приводит в конце концов к резкому снижению численности видов жертв. Как вы думаете, почему? **3.** Каковы могут быть биологические последствия широкого применения гербицидов — химических средств борьбы с сорняками? Должны ли мы отказаться от гербицидов или, наоборот, усилить их применение? **4.** Стоит ли стремиться полностью уничтожить всех паразитов человека? **5.** В начале нашего века широко пропагандировали переселение чужеземных растений и животных для обогащения отечественной фауны и флоры. Было сделано много практических попыток такого переселения. Постепенно это увлечение прошло. Как вы думаете, почему? Должны ли мы полностью отказаться или, наоборот, усилить практику такого переселения видов?

ВСПОМНИТЕ

Пищевые связи

§ 9. Законы и следствия пищевых отношений

Пищевые отношения не только обеспечивают энергетические потребности организмов. Они играют в природе и другую важную роль — удерживают виды в сообществах, регулируют их численность и влияют на ход эволюции. Пищевые связи чрезвычайно разнообразны.

Типичные *хищники* тратят много сил на то, чтобы выследить добычу, догнать ее и поймать (рис. 40). У них развито специальное охотничье

Рис. 40.
Гепард в погоне за добычей

поведение. Им надо много жертв в течение жизни. Обычно это сильные и активные животные.

Паразиты всю жизнь проводят в одном или двух, реже — трех хозяевах. Они живут в условиях избытка пищи, которую не надо активно добывать, и используют хозяев как среду своего обитания. У них упрощено строение и ослаблены связи с внешним миром.

Животные-собиратели тратят энергию на поиск семян или насекомых, т. е. мелкой добычи. Овладение найденным кормом для них не представляет труда. У них развита поисковая активность, но нет охотничьего поведения.

Пасущиеся виды не тратят много сил на поиск корма, обычно его достаточно много вокруг, и основное время у них уходит на поглощение и переваривание пищи.

В водной среде широко распространен такой способ овладения пищей, как *фильтрация*, а на дне — заглатывание и пропускание через кишечник грунта вместе с пищевыми частицами.

Последствия пищевых связей наиболее ярко проявляются в отношениях *хищник — жертва* (рис. 41).

Если хищник питается крупными, активными жертвами, которые могут убегать, сопротивляться, прятаться, то в живых остаются те из них, кто делает это лучше других, т. е. имеет более зоркие глаза, чуткие уши, развитую нервную систему, мускульную силу. Таким образом, хищник ведет отбор на совершенствование жертв, уничтожая больных и слабых. В свою очередь, и среди хищников тоже идет отбор на силу, ловкость и выносливость. Эволюционное следствие этих отношений — прогрессивное развитие обоих взаимодействующих видов: и хищника, и жертвы.

Если же хищники питаются малоактивными либо мелкими, не способными сопротивляться им видами, это приводит к другому эволюционному результату. Погибают те особи, которых хищник успевает заметить. Выигрывают менее заметные или чем-то неудобные для захвата жертвы. Так осуществляется естественный отбор на покровительственную окраску, твердые раковины, защитные шипы и иглы и другие орудия спасения от врагов. Эволюция видов идет в сторону специализации по этим признакам.

Самый существенный результат трофических взаимосвязей — сдерживание роста численности видов. Существование пищевых отношений в природе противостоит геометрической прогрессии размножения.

Для каждой пары видов хищника и жертвы результат их взаимодействия зависит прежде всего от их количественных соотношений. Если хищники ловят и уничтожают своих жертв примерно с той же скоростью, с какой эти жертвы размножаются, то они *могут сдерживать* рост их численности. Именно такие результаты этих взаимосвязей чаще всего характерны для устойчивых природных сообществ. Если скорость размножения жертв выше, чем скорость поедания их хищниками, происходит *вспышка численности* вида. Хищники уже не могут сдерживать его численность. Это тоже временами встречается в природе. Обратный результат — полное уничтожение жертвы хищником — в природе очень редок, а в экспериментах и в нарушенных человеком условиях встречается чаще. Связано это с тем, что с падением численности какого-либо вида жертв в природе хищники переключаются на другую, более доступную добычу. Охота только за редким видом отнимает слишком много энергии и становится невыгодной.

Рис. 41.
Отношения хищник — жертва (волки и северные олени)

Г. Ф. Гаузе (1910–1986)

российский ученый, основоположник экспериментальной экологии

В первой трети нашего века было открыто, что отношения хищник — жертва могут быть причиной *регулярных периодических колебаний численности* каждого из взаимодействующих видов. Это мнение особенно окрепло после результатов исследований русского ученого Г. Ф. Гаузе. В своих экспериментах Г. Ф. Гаузе изучал, как изменяется в пробирках численность двух видов инфузорий, связанных отношениями хищник — жертва (рис. 42). Жертвой был один из видов инфузорий-туфелек, питающийся бактериями, а хищником — инфузория-дидиниум, поедающая туфелек.

Вначале численность туфельки росла быстрее, чем численность хищника, который вскоре получил хорошую кормовую базу и тоже стал быстро размножаться. Когда скорость поедания туфелек сравнялась со скоростью их размножения, рост численности вида прекратился. А так как дидиниумы продолжали ловить туфелек и размножаться, скоро выедание жертв намного превысило их пополнение, количество туфелек в пробирках начало резко снижаться. Спустя некоторое время, подорвав свою кормовую базу, прекратили деление и начали погибать дидиниумы. При некоторых модификациях опыта цикл повторился сначала. Беспрепятственное размножение оставшихся в живых туфелек вновь увеличило их обилие, а вслед за ними пошла вверх и кривая численности дидиниумов. На графике кривая численности хищника следует за кривой жертвы со сдвигом вправо, так что изменения их обилия оказываются несинхронны.

Таким образом было доказано, что взаимодействия хищника и жертвы могут при известных условиях приводить к регулярным циклическим колебаниям численности обоих видов. Ход этих циклов можно рассчитать и предсказать, зная некоторые исходные количественные характеристики видов. Количественные законы взаимодействия видов в их пищевых связях очень важны для практики. В рыболовстве, добыче морских беспозвоночных, пушном промысле, спортивной охоте, сборе декоративных и лекарственных растений — везде, где человек уменьшает в природе численность нужных ему видов, он с экологической точки зрения выступает по отношению к этим видам в роли хищника. Поэтому важно **уметь предвидеть последствия** своей деятельности и организовать ее так, чтобы не подорвать природные запасы.

В рыболовстве и промысле необходимо, чтобы при снижении численности видов нормы промысла также уменьшались, как это бывает

Рис. 42.
Ход численности инфузории-туфельки и хищной инфузории

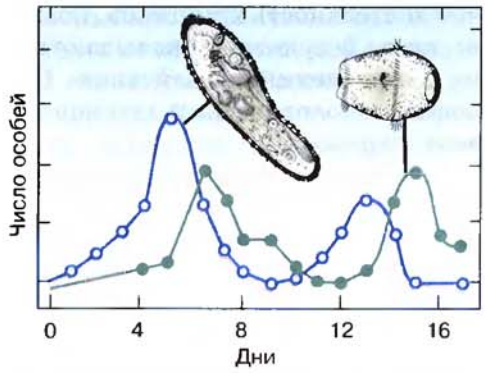
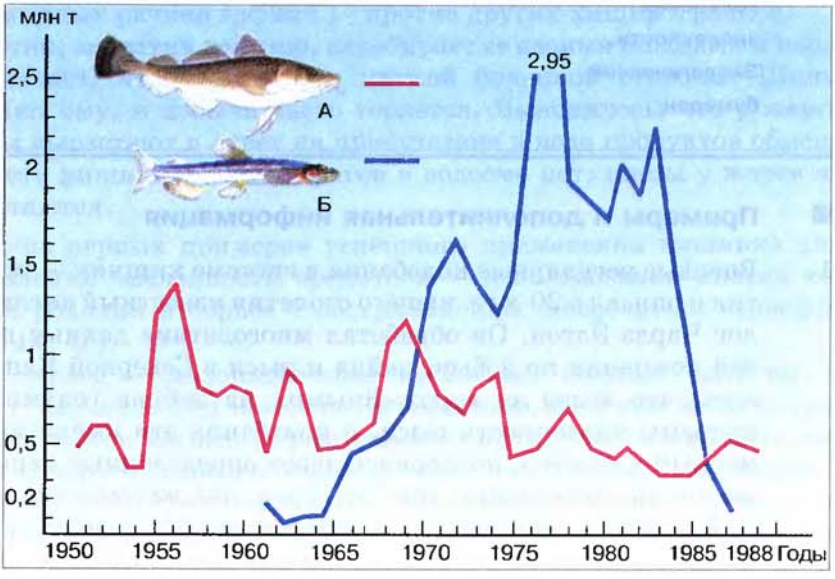


Рис. 43.
Снижение численности рыб в результате перепромысла: мировой промысел трески (*А*) и мойвы (*Б*)



в природе, когда хищники переключаются на более легко доступную добычу (рис. 43). Если же, наоборот, стремиться всеми силами добывать сокращающийся вид, он может не восстановить свою численность и прекратить свое существование. Таким образом, в результате перепромысла, по вине людей уже исчез с лица Земли ряд видов, бывших когда-то очень многочисленными: американские бизоны, европейские туры, странствующие голуби и другие.

При случайном или намеренном уничтожении хищников какого-либо вида сначала возникают вспышки численности его жертв. Это тоже приводит к экологической катастрофе либо в результате подрыва видом собственной кормовой базы, либо — распространения инфекционных заболеваний, которые часто бывают гораздо более губительны,

чем деятельность хищников. Возникает явление *экологического бумеранга,* когда результаты оказываются прямо противоположными начальному направлению воздействия. Поэтому грамотное использование природных экологических законов — основной путь взаимодействия человека с природой.

❑ **Хищники. Паразиты. Собиратели. Пасущиеся животные. Отношения хищник — жертва. Циклические колебания численности. Экологический бумеранг.**

❑ **Пищевые связи влияют на численность взаимодействующих видов и на ход их эволюции. Отношения хищник — жертва могут приводить к регулярным колебаниям численности как жертвы, так и хищника.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Впервые регулярные колебания в системе хищник — жертва заметил и описал в 20-х гг. нашего столетия известный английский эколог Чарлз Элтон. Он обработал многолетние данные пушномеховой компании по добыче зайца и рыси в Северной Канаде. Оказалось, что вслед за «урожайными» на зайцев годами следовали подъемы численности рыси, и колебания эти имели явно закономерный характер, повторяясь через определенные периоды. В это же время, независимо друг от друга, два математика, А. Лотка и В. Вольтерра, рассчитали, что на основе взаимодействий хищника и жертвы могут возникать колебательные циклы численности обоих видов. Эти расчетные данные требовали экспериментальной проверки, за которую и взялся Г. Ф. Гаузе, доказав возникновение соответствующих циклов на примере хищной инфузории дидиниум и ее жертвы — туфельки. Так в результате исследований ученых разных стран была открыта одна из важных экологических закономерностей.

2. Мировой промысел трески происходил в значительной мере стихийно и не был обоснован биологическими характеристиками. Общая добыча достигала 1,4 млн т в год. Это оказалось значительно больше, чем могло быть воспроизведено, поэтому и численность трески, и ее добыча упали в 7—10 раз. Когда в Баренцевом море стадо трески пришло в упадок (70—80-е гг.), резко возросла численность

мойвы — главной жертвы трески. Рыбаки переключились на эту рыбку, вылавливая примерно две трети ее общей массы. В результате перевылова численность мойвы также упала. Треска, как и все хищные рыбы, питается всеми мелкими рыбами, включая собственных мальков. При малочисленности мойвы она стала выедать свою молодь, поэтому стадо потеряло возможность восстановиться.

3. В ходе эволюции у жертв вырабатываются самые различные приспособления к защите от хищников. Например, у мельчайших водных коловраток в присутствии других, хищных коловраток вырастают длинные шипы панциря.
Эти шипы сильно мешают хищникам заглатывать жертвы, так как буквально встают у них поперек глотки. Такая же защита возникает у мирных рачков дафний — против других хищных рачков.
Хищник, захватив дафнию, перебирает ее своими ножками и переворачивает, чтобы выесть с мягкой брюшной стороны. Шипы мешают ему, и добыча часто теряется. Выяснилось, что у жертв шипы вырастают в ответ на присутствие в воде продуктов обмена веществ хищников. Если врагов в водоеме нет, шипы у жертв не появляются.

4. Один из первых примеров успешного применения хищника для подавления численности вредителя — использование божьей коровки родолии в борьбе с австралийским желобчатым червецом (рис. 44, 45).
Этот червец — малоподвижное насекомое, сосущее цитрусы, в 1872 г. случайно был занесен в Калифорнию, где у него не было природных врагов. Он быстро размножился и стал опасным вредителем, из-за которого садоводы терпели огромные убытки. Для борьбы с червецом из Австралии ввезли его естественного врага — мелкую божью коровку родолию. В 1889 г. около 10 тыс. жуков были расселены по сотням садов на юге Калифорнии. Уже через несколько месяцев зараженность деревьев червецом резко упала. Коровка прижилась в Калифорнии, и массового размножения червецов больше не наблюдалось. Этот успех повторился в пятидесяти странах мира, везде, где родолию выпускали против желобчатого червеца.
Родолия более чувствительна к ядохимикатам, чем червец. Поэтому там, где цитрусовые обрабатывались ядами против других вредителей, численность червеца вскоре достигала гигантских масштабов.

5. Рыжие лесные муравьи питаются многими видами беспозвоночных животных, но основу их добычи всегда составляют наиболее массовые виды. В период вспышки численности вредителей леса муравьи питаются преимущественно ими. Подсчитано, что в си-

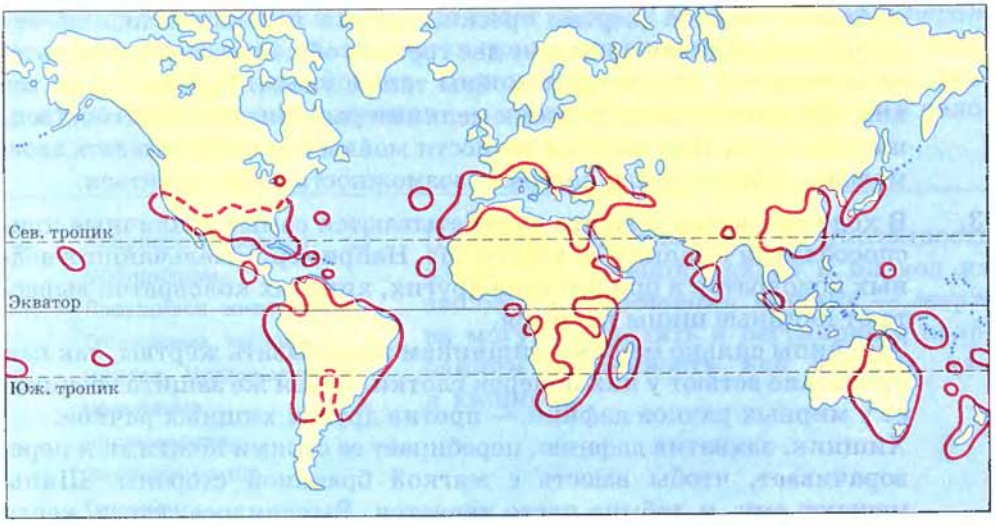


Рис. 44.
Распространение происходящего из Австралии червеца

Рис. 45.
Австралийский червец на ветке мандарина и поедающие его жуки (1) и личинки (2) божьей коровки

бирских лесах обитатели одного крупного муравейника уничтожают за день до 100 тыс. личинок малого елового пилильщика, 10—12 тыс. бабочек серой лиственничной листовертки. Это значит, что при наличии 5—8 крупных муравейников на гектар можно не беспокоиться о поражении деревьев этими вредителями, муравьи сдержат рост их численности.

❑ **Вопросы. 1.** Всегда ли птицы, привлеченные в древесные насаждения искусственными дуплянками, могут снизить численность вредных насекомых? **2.** Создавая математическую модель изменения численности хищника и жертвы, А. Лотка и В. Вольтерра допустили, что количество хищников зависит только от двух причин: числа жертв (чем больше кормовая база, тем интенсивнее размножение) и скорости естественной гибели хищников. При этом они понимали, что сильно упростили отношения, имеющиеся в природе. Укажите, в чем заключается это упрощение. **3.** Лось — самый крупный современный олень. Живет в лесных районах, питается порослью лиственных деревьев и высокотравьем. В начале XX столетия численность его в Европе сильно сократилась. Однако начиная с 20-х гг. и особенно в 40-е гг. она начала восстанавливаться в результате охраны лося, омоложения лесов и сокращения числа волков. Укажите, какие именно пищевые связи сыграли роль в восстановлении вида. Почему в настоящее время разрешена умеренная охота на лося?

❑ **Задания. 1.** В одном из опытов мелкие насекомые-паразиты искали и заражали своими яйцами куколки-пупарии комнатной мухи. В разных вариантах опыта 40 паразитам предлагали разное число куколок: 25, 50, 100, 200 и 300. Число зараженных куколок оказалось соответственно 18, 32, 48, 54, 62. Начертите график числа зараженных пупариев, приходящихся на одного паразита, при увеличении численности жертв. Рассчитайте, какую долю куколок мух заражают паразиты при разной численности жертв. В каком из вариантов опыта они наиболее эффективно влияли на численность куколок? **2.** В одном из лесных хозяйств учитывали гусениц хвойной листовертки — вредителя хвойных пород, а среди них — число здоровых и зараженных паразитами. По полученным данным начертите графики изменения общей численности гусениц и числа зараженных. Сравните и объясните ход кривых. Как зависит доля зараженных гусениц от общей численности хозяина листовертки? Могут ли паразиты сдерживать рост численности листовертки?

Зараженность гусениц хвойной листовертки в разных поколениях

Поколения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Всего гусениц	29	121	576	322	100	34	45	160	265	344
Заражено	7	9	43	97	88	31	14	10	28	44

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Хотя расчеты и опыты свидетельствуют, что в природе между каждой парой видов хищник — жертва могут возникать колебательные циклы, в природе такие циклы наблюдаются редко. Почему? **2.** В дальневосточных лесах ведут интенсивный промысел ценного лекарственного растения — женьшеня. Вид находится на грани исчезновения. Какие меры вы приняли бы для его сохранения? Какое отношение к этим мероприятиям имеет понимание связей хищник — жертва? **3.** Долгое время у нас в стране поощрялась охота на волков и за каждого убитого зверя выдавали премию. Затем охоту на волка полностью запретили. В настоящее время в ряде районов этот запрет

вновь снят и часть волков разрешают отстреливать. Как вы думаете, чем можно объяснить такую непоследовательность в распоряжениях природоохранительных органов? **4.** В природе отношения хищник — жертва между конкретными видами существуют миллионы лет. Современный человек, вступая в такие же отношения с видами дикой природы (охота, рыбная ловля, сбор лекарственных и пищевых растений, цветов и т. п.), быстро подрывает их численность. Почему так происходит? Может ли изменить эти результаты знание и применение экологических правил? **5.** Предположим, что вы должны установить норму вылова ценного вида рыб. Какими сведениями об этом виде вы должны располагать, чтобы рассчитать эту норму? Что произойдет в случае завышения нормы вылова? ее занижения?

ВСПОМНИТЕ

Природные сообщества

Акклиматизация

§ 10. Законы конкурентных отношений в природе

При попытках разводить в лабораторных условиях совместно два вида, питающихся одним и тем же кормом, всегда получают сходный результат. Через ряд поколений, рано или поздно, один вид исчезает, а другой остается. Впервые это было показано Г. Ф. Гаузе на опыте с инфузориями (рис. 46). Он содержал два близких вида — туфельку хвостатую и туфельку ушастую в сенном настое порознь и вместе. Обе туфельки питаются бактериальной взвесью и хорошо выживают и размножаются в пробирках по отдельности. Там же, где они были помещены совместно, сначала росла численность обоих видов, затем туфелька хвостатая постепенно

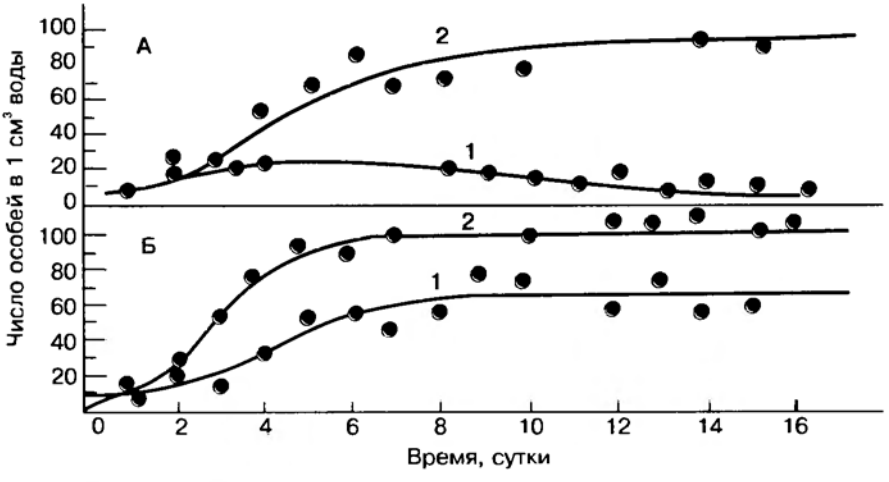


Рис. 46.
Ход численности двух инфузорий-туфелек при совместном содержании в пробирках (*А*); при раздельном содержании видов (*Б*): *1* — парамеция хвостатая; *2* — парамеция ушастая

снижала темп размножения и исчезала. В этих пробирках оставшийся вид — туфелька ушастая — тоже был малочисленнее, чем в контрольных.

Оба вида — конкуренты, так как живут за счет одного и того же ресурса (бактерий сенного настоя), имеющегося в ограниченном количестве. Позже выяснилось, что туфелька хвостатая более чувствительна к продуктам обмена веществ бактерий, которые постепенно накапливались в пробирках. Когда вместо бактерий для питания инфузорий использовали дрожжи, раньше исчезала туфелька ушастая.

Невозможность длительного совместного выживания двух видов с близкими экологическими требованиями была названа *правилом конкурентного исключения* или *законом Гаузе.*

Позднее многочисленные опыты с разными видами подтвердили это правило. Это означает, что в природных сообществах должны уживаться только те виды, которые не конкурируют друг с другом, т. е. живут за счет разных ресурсов. Действительно, попытки акклиматизации чужеземных видов показывают, что они приживаются в новых условиях лишь в тех случаях, если не встречают конкурентов или если им удается вытеснить какой-либо местный вид.

Однако нередко виды, которые, казалось бы, должны конкурировать между собой, живут в природе совместно, не вытесняя друг друга. Например, разные виды синиц после выведения потомства часто образуют смешанные стайки и дружно обследуют одни и те же деревья в поисках насекомых. Во всех таких случаях внимательное изучение показывает, что виды ведут себя несколько различно, практически избегая жесткой конкуренции. Что касается синиц, то у них разные места поиска корма.

Длиннохвостые синицы обследуют в основном концы ветвей, синицы-гаички — их толстые основания, а большие синицы ищут корм и на кустах, и на деревьях, и на пнях, и на снегу. Различные жуки-короеды также распределяются на дереве по-разному, например короед-типограф нападает на нижние части, а короед-гравер — на средние части стволов елей (рис. 47).

Чем больше видов живет вместе, тем более детально они отличаются друг от друга по использованию сходных ресурсов.

Конкуренты уживаются и в том случае, если условия среды постоянно меняются в пользу то одного, то другого вида. В такой ситуации процесс конкурентного исключения не может дойти до конца и численность видов колеблется как на чаше весов.

В очень богатых видами сообществах резких вспышек численности не бывает не только в результате большого числа врагов у каждого вида, но и в результате конкуренции со стороны других.

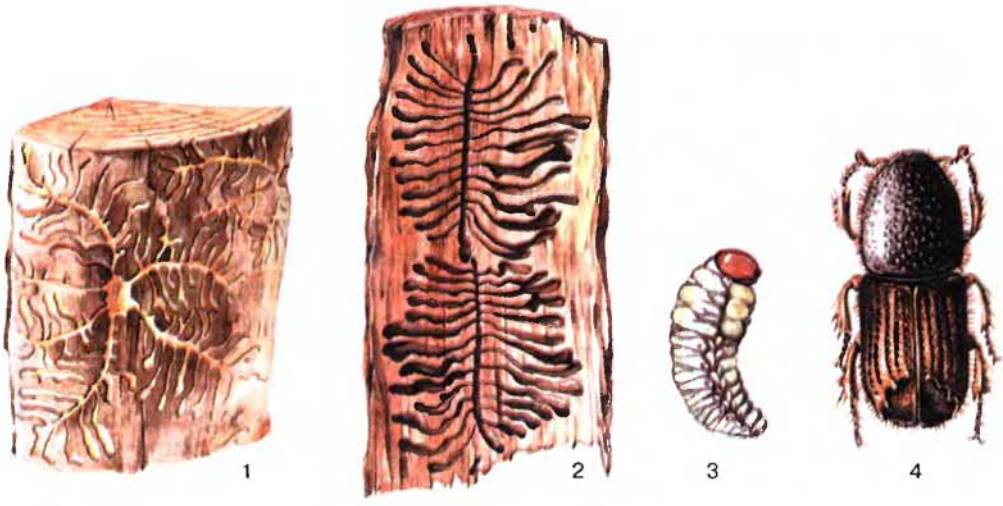


Рис. 47.
Жуки-короеды на стволах елей: ходы типографа (*2*) и гравера (*1*), личинка (*3*) типографа и жук (*4*)

Опыты легко показывают, что, если исключить из сообщества какой-либо вид, это влечет за собой увеличение численности другого. Например, в одном из экспериментов по расселению муравьев полностью вывезли обитателей одного из муравейников. Освободившуюся территорию сразу же захватила семья другого вида муравьев, в которой вскоре увеличилось число особей.

Одно из экологических правил гласит, что, чем беднее видами сообщество, тем выше может быть численность каждого отдельного вида.

Это правило подметил немецкий эколог Тинеманн. Таким образом, если деятельность человека ведет к снижению видового разнообразия в окружающей природе, это грозит вспышками численности отдельных оставшихся видов, не испытывающих влияния врагов и конкурентов.

Наиболее жесткая конкуренция возникает у растений. Они не могут покинуть места своего произрастания, а возможности роста зависят от площади питания, света и водообеспечения. Растения перехватывают друг у друга эти ресурсы, и более слабые особи, не выдержав конкуренции, погибают.

Сорняки на полях — конкуренты культурных растений. Их развитие ведет к снижению урожая, поэтому человек активно борется с сорняками, используя методы и механической, и химической прополки, чтобы снизить их конкурентное влияние на выращиваемые виды. На пастбищах конкурентами скота выступают все дикие травоядные

животные. Это могут быть суслики, сурки, полевки и другие степные и луговые грызуны, а в годы массового размножения — саранча. Чем больше растительности они поедают, тем меньше остается для домашних животных.

Конкуренция — один из основных типов взаимозависимости видов, влияющих на состав природных сообществ.

При конструировании искусственных сообществ, например создании лесопарков на отвалах горной промышленности или искусственных пастбищ в степных и пустынных районах, в первую очередь подбирают такие виды растений и животных, которые были бы способны ужиться и дополняли друг друга, не вступая в жесткую конкуренцию и полностью используя имеющиеся ресурсы. Такое конструирование сообществ на основе знания экологических законов получило название *экологической инженерии.*

- **Закон Гаузе. Правило конкурентного исключения. Правило Тинеманна. Экологическая инженерия.**

- **Конкуренция — один из главных типов отношений, определяющих состав природных сообществ. Конкурирующие виды вместе не уживаются.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Русскими и туркменскими учеными разработаны методы улучшения пустынных пастбищ без полива и удобрений. Они основаны на подборе продуктивных и устойчивых местных видов, которые, не конкурируя друг с другом, могли бы сообща наиболее полно использовать почвенную влагу — главный ограничивающий в пустынях ресурс. Растительные сообщества формируют из видов, надземные и подземные части которых располагаются на разном уровне: над почвой — до высоты 2—5 м и в почве — до глубины 15 м. Это деревья и кустарники (саксаул, джузгун, эфедра), полукустарники (полынь, терескен и др.), многолетние и однолетние травы. Таким образом, растительный покров на искусственных пастбищах многоярусный и дает более полноценный набор кормов, чем на нарушенных пастбищах.

2. Увеличение численности или улучшение жизненного состояния какого-либо вида после того, как из его местообитания был удален конкурент, называют экологическим высвобождением. Оно происходит, если виды частично перекрывались в использовании ресурсов. Например, если в еловом лесу выбрать площадку с осокой волосистой и окопать ее, подрезав корни ели, то через несколько дней этот участок будет выделяться более темной зеленью. Это значит, что у растений осоки резко улучшилось азотное питание после того, как из почвы перестали забирать азот еловые корни.

3. Акклиматизация видов, т. е. переселение их в отдаленные районы, часто приводит к нежелательным результатам из-за конкурентных отношений. Один из самых известных примеров — массовое размножение завезенных в Австралию кроликов, которые там стали вредить на полях и пастбищах, а также подрывать кормовую базу местных травоядных — кенгуру. Численность кенгуру в результате резко снизилась.

4. Расселение ондатры — пример успешного размножения вида, не встретившего конкуренции в новых районах обитания. Этот зверек был завезен в Европу из Северной Америки в первой трети века. В настоящее время он стал широко распространенным промысловым видом и в нашей стране, включая Сибирь. Ондатра — грызун, питающийся сочной околоводной растительностью. Видов со сходным образом жизни в нашей фауне нет. Однако там, где встречается ценный пушной зверь выхухоль, ондатра вытесняет его с берегов водоемов, хотя выхухоль питается не растениями, а различными водными беспозвоночными.

5. Виды растений сильно различаются по конкурентной способности. Одни из них могут прорастать только на оголенных местах, но не выдерживают конкуренции и быстро исчезают, когда там появляются другие виды. У них огромное количество легко распространяемых семян, и такие растения постоянно кочуют, первыми осваивая места, где нарушается растительный покров. К таким растениям относятся всем известные однолетние сорняки лебеда, мокрица, а из многолетних — мать-и-мачеха.
Конкурентоспособные виды, заняв пространство, долго удерживают его за собой, не пуская других. У таких растений обычно очень мощная корневая система и длительный жизненный цикл. Ковыль в степи может жить до 100 лет, сохраняя зимой жизнеспособные подземные органы и каждую весну выпуская новые побеги. На месте старых отмирающих растений вырастают новые, и ковыльные участки степи существуют очень долго, если они не нарушаются человеком.

❑ **Вопросы. 1.** В каких случаях экологически близкие виды уживаются в одном сообществе? **2.** Назовите 5—6 видов растений, первыми появляющихся на вспаханных полях или обнажившихся участках земли. Долго ли они удерживаются на месте, если предоставить участки стихийному зарастанию? Что можно сказать о конкурентной способности таких видов? **3.** На одном из морских мелководий существовало сообщество из 8 видов малоподвижных животных: моллюсков мидий и морских блюдечек, сидячих рачков морских желудей и морских уточек и других. Всеми ими питался один вид хищника — крупная морская звезда, которая больше всего поедала мидий. Чтобы сохранить сообщество, всех морских звезд выловили и удалили. Через некоторое время на участке не осталось никаких видов, кроме мидий. Объясните, как это могло произойти. Какой вывод можно сделать о роли хищников в сообществах на основании этого примера? **4.** Как рациональнее произвести посадку леса с учетом возрастания конкуренции между деревьями по мере роста: сразу на расстояние, соответствующее площади питания взрослого дерева, или более густо, с последующим прореживанием? Объясните вашу точку зрения. **5.** Назовите как можно большее число способов избежать пищевую конкуренцию: 1) у совместно обитающих насекомоядных птиц; 2) у муравьев. **6.** Назовите виды растений и животных, которые выступают конкурентами по отношению к человеку в его сельскохозяйственной и промысловой практике.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Должен ли человек стремиться уничтожить дикие виды, являющиеся конкурентами домашних животных и растений? **2.** Конкурирующие виды часто можно найти в природе в одном местообитании. Значит ли это, что закон Гаузе о конкурентном исключении неверен? **3.** Как бы вы спланировали территорию старых отвалов, чтобы создать на этом месте богатое многовидовое сообщество растений и животных? **4.** Считают, что одновидовые посевы культурных растений менее эффективны с экологической точки зрения по сравнению с многовидовыми. Согласны ли вы с этим мнением? Почему да или почему нет? Какую связь это имеет с проблемой межвидовой конкуренции растений?

ВСПОМНИТЕ

Ареал

Популяция

Внутривидовые отношения

§ 11. Популяции

В жизни любого живого существа большую роль играют отношения с другими представителями собственного вида. Отношения эти осуществляются в *популяциях*. «Популюс» по-латыни — «народ», и в точном переводе слово «популяция» означает «население вида на какой-либо территории».

Любой вид — это большая популяция и, в свою очередь, состоит из более мелких популяций, так как вид неоднородно распределен в пространстве.

Взаимосвязь отдельных популяций. В пределах занимаемой видом общей территории — *ареала* — встречаются места как более пригодные, так и малоподходящие для жизни. Поэтому возникает некоторая отграниченность одной популяции от другой. Соседние популяции сообщают-

ся друг с другом в процессах расселения, переноса семян и зачатков, сезонных миграций. У некоторых видов такая связь соседних популяций постоянная, у других — эпизодическая. Например, у озерных окуней — островной тип распределения, когда одно пригодное для жизни пространство (озеро) резко отделено от другого, как острова в море. У них связь популяций возникает только изредка, в половодья или наводнения. У семиточечной божьей коровки, свободно перелетающей из одного местообитания в другое, границы между отдельными популяциями сильно размыты.

Условия жизни видов в разных частях ареала могут сильно различаться. Например, белки в лесах Белоруссии и Дальнего Востока живут в условиях разного климата, в разных типах леса, в окружении разных врагов и т. д. Каждая популяция оказывается приспособленной к своим условиям. Поэтому любой широко распространенный вид экологически неоднороден.

Взаимоотношения особей внутри популяции. Члены одной и той же популяции — это соседи, вынужденные сообща осваивать занимаемую территорию и размножаться на ней, поэтому у них много общего в приспособительных особенностях и возникает разная степень взаимодействий. По характеру этих взаимодействий популяции разных видов чрезвычайно различны. У некоторых видов все особи живут поодиночке, независимо друг от друга, лишь изредка встречаясь для размножения (например, жуки-жужелицы или некоторые пауки). Другие образуют в неблагоприятные периоды скопления, вместе переживают зиму или засуху в подходящих условиях (божьи коровки). У третьих создаются временные или постоянные семьи, объединяющие родителей и потомство (рис. 48). Есть виды, у которых в пределах популяций особи объединяются в крупные группы, — стаи, стада, колонии (рис. 49), где совершают совместные действия (защиту, миграции, добывание пищи). Отношения в популяциях — это *внутривидовые взаимодействия.* В популяциях встречаются все типы биотических связей, характерные для

Рис. 48.
Землеройка с выводком

Рис. 49.
Колония пингвинов

разных видов, но наиболее распространены два прямо противоположных: конкурентные и взаимовыгодные (мутуалистические) отношения. Например, всем известно, что грачи при прилете сначала устраивают драки из-за пригодных мест для гнезда, а затем сообща защищают свою колонию и совместно кормятся на пашнях. В стаях собак или обезьян более сильные особи имеют первое право на пищу (результат конкурентных отношений), но они же в наибольшей мере защищают всю стаю (взаимовыгодные связи).

Численность, плотность и структура популяций. Главная характеристика любой популяции — это ее *численность*. Она сразу говорит нам о том, хорошо или плохо чувствует себя вид в данных условиях. Однако не всегда легко получить эту характеристику, так как для этого надо пересчитать всех особей популяции. Поэтому чаще используют другой показатель — *плотность популяции*. Плотность — это число особей, приходящихся на единицу пространства, которую мы выбираем для учета, например число растений пшеницы или одуванчика на квадратный метр или число рачков-дафний в литре воды из данного водоема. Таким образом, можно количественно сравнивать разные популяции, независимо от общего размера занимаемой ими территории. Соотношение особей разного пола или разного возраста — показатели *структуры*

популяции. Структура — это соотношение частей в любой системе. Популяции можно сравнивать и по распределению особей в пространстве, т. е. по их пространственной структуре, и по другим признакам. Все эти признаки — *количественные.* Следовательно, популяции характеризуются прежде всего количественными показателями. Ведя наблюдения за отдельными популяциями, мы должны уметь учитывать и рассчитывать, оценивать и прогнозировать их численность.

Основные процессы, происходящие в популяции. Основные процессы, происходящие в популяциях, — это рождение и смерть отдельных особей, их частичное расселение за пределы данной территории или появление вселенцев из других популяций. Эти процессы отражаются в соответствующих характеристиках: *рождаемость, смертность, вселение* (иммиграция) и *выселение* (эмиграция).

Указанные характеристики отражают скорость, интенсивность происходящих процессов и включают в себя единицы времени, т. е. это временны́е показатели. Так, рождаемость — это число особей, родившихся в популяции за месяц, год или десятилетие, смертность — число особей, погибших за это же время. Эти характеристики можно выражать в долях или процентах от общей численности. Например, рождаемость в 20% за год означает, что за это время на каждые 100 особей популяции появилось 20 новых.

Соотношение процессов рождаемости, смертности, вселения и выселения определяет численность конкретных популяций.

Человек в своей конкретной практике имеет дело не с отдельными особями или целыми видами, а именно с популяциями растений, животных и микроорганизмов. Домашние животные также живут по популяционным законам. Поэтому так важно понимание этих законов и экологически грамотное управление численностью популяций.

- **Популяция. Внутривидовые взаимодействия. Численность популяции. Плотность популяции. Структура популяции. Рождаемость. Смертность. Вселение (иммиграция). Выселение (эмиграция).**

- **Популяция — это население вида на определенной территории. Приспособленность вида к условиям занимаемой территории отражается в ее численности. Между членами популяции возникают закономерные связи, поэтому популяция — надорганизменная система.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Наземные улитки из рода цепея всю жизнь проводят на участке в несколько десятков квадратных метров. Для них труднопреодолимы сухие пространства даже небольшой протяженности. Вид распадается на множество мелких популяций, которые развиваются только в достаточно влажных местообитаниях.
Волки, лоси, северные олени — подвижные крупные животные, активно передвигающиеся по территории с разнородными условиями. В пределах таких видов вычленяется меньшее число популяций, каждая из которых обычно связана с обширным пространством между какими-либо географическими границами.
У перелетных птиц и других мигрирующих животных популяции выделяются по местам их размножения. На зимовках могут скапливаться представители различных популяций.

2. Зайцы-беляки, обитающие в районе Верхоянска, отличаются от своих собратьев из популяций, населяющих районы Средней Волги, целым рядом особенностей. Например, у них разный состав пищи: южные грызут преимущественно лиственные породы, северные — больше хвойные, ягодные кустарнички и травы. Из-за более грубых кормов у них вдвое больше длина слепой кишки. В северных популяциях сокращен период размножения, самки дают только один приплод за лето, а приволжские зайцы — два-три. Возрастной состав популяций разный.

3. Скорость расселения вида можно характеризовать средним расстоянием между местом рождения и местом размножения большинства членов популяции. Для ежа обыкновенного оно составляет в разных условиях от 200 до 1000 м, для крота — 170 м, зайца беляка — 400 м, зайца-русака — 3 км, белки обыкновенной — 7 км, соболя — 19 км. Некоторые перелетные птицы могут размножаться за 1—1,5 тыс. км от места рождения.
У растений распространяются семена, пыльца, споры.
За счет постоянно протекающего расселения молодых, а у некоторых видов — взрослых особей осуществляется связь различных популяций и освоение новых территорий.

4. Отношения особей внутри популяций могут быть очень разнообразными, от полной нейтральности до тесного семейного и группового образа жизни у разных видов.
Среди рыб глубоководных удильщиков существуют необычайные для позвоночных животных связи между самцами и самками по типу паразит — хозяин (рис. 50). Маленький самец сначала при-

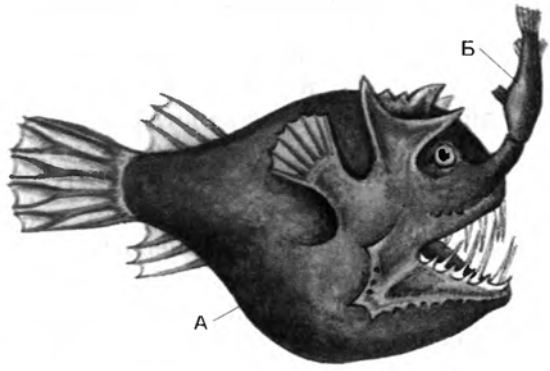


Рис. 50.
Глубоководная рыба-удильщик: самка (*А*) и приросший к ней карликовый самец (*Б*)

крепляется к телу взрослой самки зубами, а затем полностью прирастает к ней. Его челюсти, зубы, глаза и кишечник редуцируются, кровеносные сосуды соединяются с кровеносными сосудами самки, и он превращается в ее придаток. Сохраняются лишь собственные жабры и половая система. Карликовые самцы, паразитирующие на самках, встречаются также у некоторых донных беспозвоночных животных.

5. Шимпанзе живут в тропических лесах Африки группами до 28 особей и связаны сложными родственными отношениями. Один из самцов, обычно наиболее сильный и опытный, является вожаком, его слушаются все остальные. Положение особи в группе обычно определяется ее полом и возрастом. Устанавливается сложная система отношений соподчинения. Она проявляется в основном в распределении пищи. Шимпанзе — очень шумные, но мирные обезьяны. Проявления агрессии у них сравнительно редки. Мать долго заботится о детеныше, ей помогают его старшие братья и сестры. Взрослые часто проявляют устойчивые дружеские привязанности к кому-нибудь из группы, не обязательно того же положения. Шимпанзе стремится к обществу других. Он может покинуть свою группу и присоединиться к соседней.
Иногда шимпанзе охотятся поодиночке на животных среднего размера: мартышек, молодых антилоп и других. На дележ добычи собираются все, и практически каждый получает свою часть по эстафете от старших к младшим в соответствии со своим положением в группе.

❑ **Вопросы. 1.** По каким показателям сравнивают между собой разные популяции? **2.** Какие формы внутривидовых связей могут возникать между растениями клевера на одном лугу? **3.** Как проявляются отношения между особями в поведении домашних собак? Какие типы экологических связей выражают разные формы

их поведения? **4.** Приведите примеры использования животными разных органов чувств в передаче и восприятии информации друг о друге. Как развит обмен этой информацией в популяциях птиц? лягушек? рыб? кузнечиков?

❑ **Задания. 1.** Рассчитайте смертность во время спячки в двух популяциях малого суслика. В первой из них плотность популяции перед впадением в спячку составляла 160 зверьков на 1 га, выжило 80, во второй — соответственно 90 и 56. На каком участке смертность оказалась выше и чем можно это объяснить, если принять во внимание, что запас кормов, приходящихся на гектар, на обоих участках был одинаков? **2.** В пахотной почве число дождевых червей, обнаруженных на восьми учетных площадках размером 50 × 50 см каждая, составляло 80 экземпляров. После применения гербицида — химического средства борьбы с сорняками — сделали учеты на десяти таких же площадках и обнаружили в сумме 25 червей. Какова плотность популяции в расчете на квадратный метр до и после использования гербицида?

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Существует мнение, что в жизни любого вида преобладает жесткая конкуренция и борьба особей друг с другом. Опровергните или подтвердите его. **2.** Могут ли существовать виды, состоящие всего из одной популяции? **3.** Применимо ли к человеку представление о том, что вид состоит из популяций? **4.** Одни животные при выведении потомства образуют семьи, другие — нет. Можно ли сказать, что первые более приспособлены к среде, чем вторые? В чем приспособительное значение семьи у животных? **5.** Как бы вы организовали учет численности синиц в лесу? рачков-дафний в пруду?

ВСПОМНИТЕ

Метаморфоз

Забота о потомстве

§ 12. Демографическая структура популяций

Описание полового и возрастного состава популяций называют *демографией* («демос» — народ, население, «графо» — пишу, описываю).

Популяции состоят из особей разного пола и возраста. Соотношение возрастных и половых групп определяет многое в общей жизнеспособности и темпах роста популяции и является важной характеристикой ее структуры.

У любой особи с возрастом закономерно изменяются характер связей со средой и устойчивость к действию отдельных факторов. У некоторых видов эти возрастные различия выражены очень резко, происходит даже смена сред обитания, характера питания, способов передвижения. Личинки стрекозы-коромысла — типично водные жители с реактивным типом движения в воде, а взрослые наземно-воздушные, с машущим полетом. Бабочки после метаморфоза переходят от грызущего типа питания к сосущему, от ползания к полету и т. п. У всех видов в ходе развития особей есть более уязвимые стадии и более ус-

тойчивые. Известно, что проростки растений, детеныши животных более чувствительны к неблагоприятным условиям, чем взрослые сформировавшиеся организмы. Самцы и самки также могут различаться по экологическим особенностям. Например, самцы кровососущих комаров вовсе не нуждаются в крови позвоночных животных, а сосут нектар цветов.

Возрастная структура популяции, т. е. соотношение в ней разных возрастных групп, зависит от двух причин: от особенностей жизненного цикла вида и от внешних условий.

Есть виды с очень простой возрастной структурой популяций, которые состоят практически из представителей одного возраста. Например, все однолетние растения весной находятся в проростках, затем примерно одновременно зацветают, дают семена и к осени отмирают. Среди животных также есть виды с однородными по возрасту популяциями, например, многие виды саранчи весной представлены личинками, ранним летом — бескрылыми неполовозрелыми особями, затем — крылатыми формами, а глубокой осенью — только яйцами, запрятанными в почве в кубышки.

У таких видов представители разных поколений никогда не встречаются друг с другом. Численность их очень изменчива в зависимости от внешних условий. Если в уязвимый период развития наступают заморозки или засуха, происходит массовая гибель. В благоприятной же ситуации популяция может дать взрыв численности. Для видов с про-

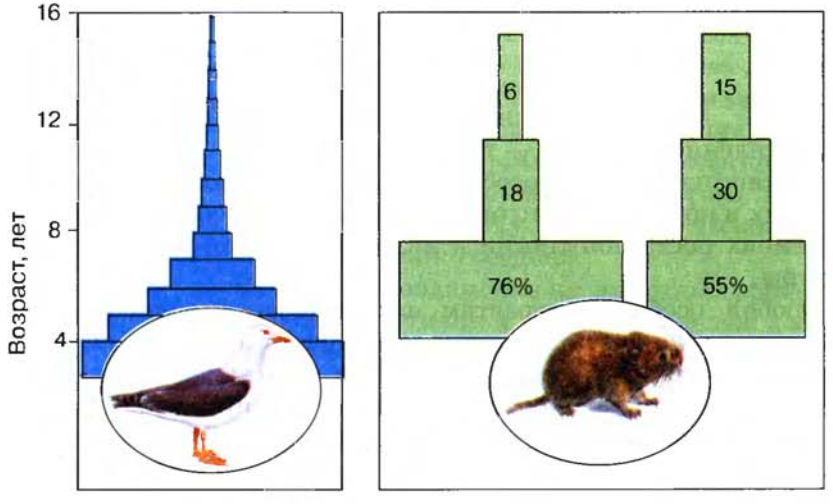


Рис. 51.
Возрастные пирамиды у чаек и полевок (разные популяции)

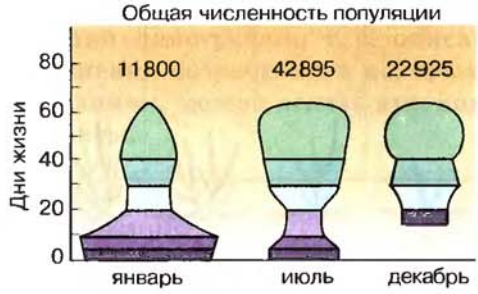


Рис. 52.
Возрастные пирамиды растущей и сокращающейся популяции медоносной пчелы

стой возрастной структурой изменения плотности популяции в сотни и тысячи раз — нормальное экологическое явление.

Сложная возрастная структура популяций возникает тогда, когда в ней представлены все возрастные группы, одновременно живут несколько поколений, взрослые особи размножаются многократно и имеют достаточно большую продолжительность жизни. В стадах слонов или обезьян-павианов, например, есть и новорожденные, и подростки, и молодые крепнущие животные, и размножающиеся самки и самцы, и старые особи. Такие популяции не подвержены резким колебаниям численности. Критические внешние условия могут изменить их возрастной состав за счет гибели наиболее слабых, но самые устойчивые возрастные группы выживают и затем восстанавливают структуру популяции.

Человек как биологический вид имеет сложную структуру популяций. Соотношение возрастных групп в популяциях можно наглядно выразить через *пирамиду возрастов* (рис. 51). Характер этой пирамиды может предсказать нам ближайшую судьбу конкретной популяции. Если в ней широкое основание, т. е. много молодых особей, узкая вершина — мало старых и достаточно представлена средняя часть, т. е. взрослые размножающиеся особи, то общая конфигурация такой пирамиды характеризует растущую популяцию. Если же основание зауженно, а вершина расширена, то ждать в ближайшее время увеличения численности такой популяции не следует, в ней смертность превышает рождаемость (рис. 52). Естественно, что для каждого вида конфигурация возрастной пирамиды при устойчивой численности своя, поэтому нужно хорошо знать особенности его развития и взаимоотношений со средой. Например, у тех животных, у которых отсутствует забота о потомстве и в связи с этим очень высока плодовитость, основание пирамиды должно быть очень широким. Некоторые виды откладывают яиц и производят личинок в тысячи раз больше, чем их доживает до размножения. Если же забота о потомстве сильно развита, то плодовитость и доля молодых в популяциях значительно меньше.

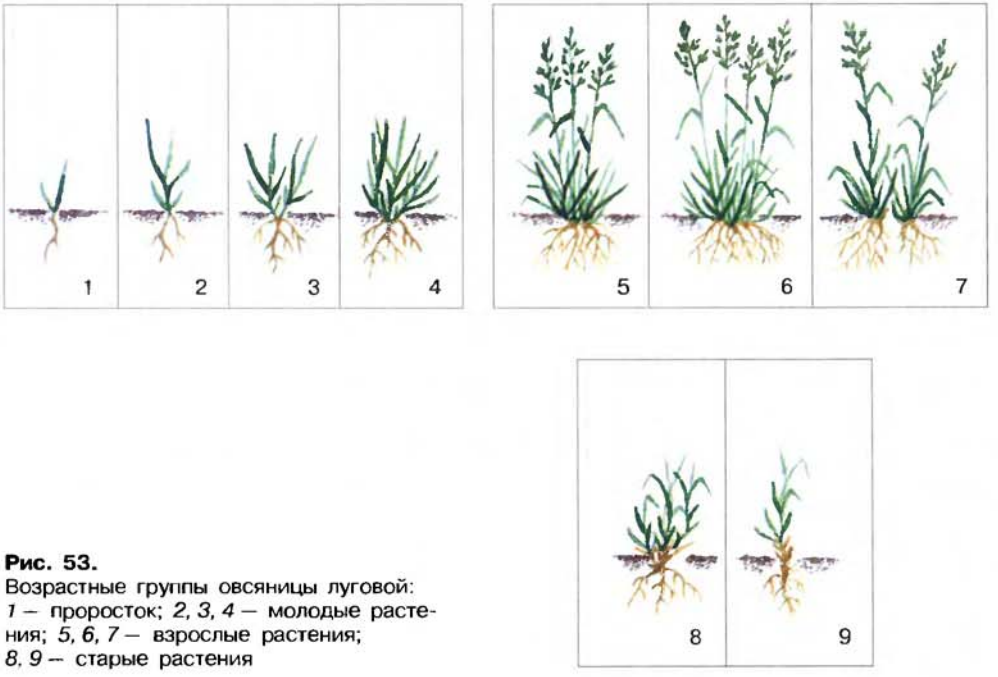


Рис. 53.
Возрастные группы овсяницы луговой:
1 — проросток; *2, 3, 4* — молодые растения; *5, 6, 7* — взрослые растения; *8, 9* — старые растения

Анализ возрастного и полового состава популяций — необходимое условие для ***прогноза*** *численности тех видов, которые мы используем в дикой природе, разводим или с которыми боремся: в сельском и лесном хозяйстве, в рыбном промысле, в биологических технологиях* (рис. 53).

Например, если в уловах трески или сельди исчезают крупные взрослые рыбы и возрастной состав сдвигается в сторону молодых неполовозрелых особей, это свидетельствует о перевылове. Такой промысловой популяции надо дать отдых, чтобы молодь подросла и смогла за счет размножения пополнить популяцию. Если на лугах ценное кормовое многолетнее растение начинает встречаться только в старом возрасте, когда оно уже не способно к семенному возобновлению, следует принимать меры для омоложения состава популяции, чтобы получить в будущем устойчивый урожай этого вида.

Анализ возрастной структуры популяций человека — населения городов, поселков, деревень — крайне необходим, потому что с этим связано планирование строительства школ, детских садов, больниц, домов для престарелых и других социальных учреждений, а также расчет рабочих мест и составление общих перспектив развития данного района.

❑ **Демография. Возрастная структура популяции. Пирамида возрастов.**	❑ **На основании демографии, т. е. описания соотношения возрастных и половых групп популяции, можно делать прогноз ее численности.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. У ряда степных и луговых злаков, таких, как ковыль, типчак или щучка, в устойчивых популяциях преобладают зрелые и старые особи. Молодые стадии растения проходят быстро и формируют мощные дерновины, которые живут очень долго, до ста лет, каждую весну давая новые побеги. Семена ежегодно попадают в почву, но прорастают только те, для которых освободится место от старых растений.

2. В популяциях мышевидных грызунов сложность возрастной структуры закономерно возрастает от весны к осени. Весной обычно представлены перезимовавшие, еще не размножавшиеся особи. Они дают два-три приплода за лето и к осени отмирают. Особи первого приплода размножаются этим же летом и также отмирают к зиме, а их потомство и потомство от второго-третьего приплода родителей перезимовывают и размножаются только на второй год. Таким образом, популяция гораздо более разнородна в конце лета, чем весной или поздней осенью.

3. У растений календарный возраст и стадия их развития (возрастное состояние) могут очень сильно не совпадать. Отдельные этапы жизненного цикла растения способны проходить с разной скоростью и, в зависимости от условий, подолгу на них задерживаться или даже проскакивать их. Если, например, о конкретном экземпляре дуба известно, что ему 30 лет, нельзя заранее сказать, что он собой представляет: уже мощное плодоносящее дерево или еще тонкий побег. Некоторые деревья в неблагоприятных условиях роста состариваются, так и не перейдя в зрелое состояние. Поэтому возрастная структура популяций у растений оценивается не по их абсолютному возрасту, а по соотношению особей на разных фазах развития. Это соотношение дает нам гораздо больше информации об условиях жизни популяции.

4. У зябликов в период от весеннего прилета до вылупления птенцов около 50% популяции составляют годовалые птицы, впервые начинающие размножение. На двухлетних приходится 22%, трехлетних — 12%, четырехлетних — 8%, пятилетних — 4%.

На каждую тысячу птиц насчитывается только 8 особей старше 7 лет. Максимальная продолжительность жизни зяблика — 11 лет.

5. Соотношение полов в популяциях определяется у некоторых видов условиями жизни или возрастом особей. У тлей, например, летом сменяют друг друга поколения, состоящие из одних самок. При неблагоприятных условиях появляются самцы. Перезимовывают оплодотворенные яйца. У ряда брюхоногих моллюсков, многощетинковых червей, рыб, ракообразных особи меняют пол с возрастом. Чаще в начале взрослой жизни животное функционирует как самец, а с увеличением размеров — как самка, но бывает и наоборот. В разных популяциях одного вида половая и возрастная структура может быть различной.

❑ **Вопросы. 1.** Приведите примеры видов с простой и сложной возрастной структурой популяций. **2.** Сравните возрастную структуру популяций трески в Баренцевом море по вылову рыб в конце 50-х и конце 80-х гг. (см. таблицу). Сделайте вывод о состоянии популяции в тот и другой периоды. **3.** На одном из участков растения кормового злака — полевицы тонкой — распределялись по возрастному состоянию следующим образом: проростки — 73, молодые — 9, взрослые плодоносящие — 16, старые — 2. Через четыре года возрастной состав полевицы на этом же участке был соответственно 0, 3, 30 и 60. Как изменилась популяция за этот период? Что можно сказать о длительности жизни этого растения?

Возрастной состав трески в Баренцевом море

Возраст рыб, лет	Улов трески, млн экземпляров	
	50-е гг.	80-е гг.
3—5	42	246
6—10	179	134
11—15	37	1
16—20	2	0

❑ **Задания. 1.** Начертите возрастную пирамиду зяблика, используя данные, приведенные выше. Как изменится возрастная пирамида популяции после выведения птенцов, учитывая, что чаще всего в кладке у зябликов 5 яиц, а смертность птенцов до вылета по разным причинам около 40%. **2.** В одном из степных заповедников на площади в 250 га насчитывалось 370 особей сурков-байбаков, распределявшихся по возрасту следующим образом: новорожденных — 118, годовалых — 49, двухлетних — 50, трехлетних и старше — 153. Спустя два года на участке было

488 особей, и среди них новорожденных — 122, годовалых — 83, двухгодовалых — 78, остальные — старше. Изменилась ли возрастная структура популяции? Какова смертность молодых особей за этот период? **3.** В нижнем течении реки Лены самки осетра приступают к размножению в 12—14 лет при средней длине тела 70 см. Наиболее старые особи доживают до 50 лет, вес их — около 13 кг. На реке Алдан самки осетра начинают метать икру в 10—12 лет при средней длине тела 58 см. Самым старым особям не более 21 года. Промысловая мера, т. е. минимальный размер особей, разрешенных к отлову, составляет 62 см. Что произойдет с алданской и ленской популяциями осетра, если в результате интенсивной добычи будут вылавливаться все особи, крупнее этих размеров? **4.** У буков, в зависимости от условий произрастания, состояние подроста длится от 2 до 30 лет, молодого неплодоносящего дерева — от 15 до 120 и плодоносящего — от 40 до 350 лет. Рассчитайте и сравните самый короткий и максимальный сроки прохождения деревом своего жизненного цикла.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Плодовитость рыб обычно очень высока. Следует ли беспокоиться о том, что вылавливается крупная часть популяции, ведь даже оставшиеся немногие половозрелые особи дают много икры? **2.** В теории и практике лесоразведения два подхода. Первый из них — создание одновозрастных культур рядами, по типу пшеничного поля. Он требует меньше первоначальных затрат. Второй, более трудоемкий — создание разновозрастных культур со сложной пространственной мозаикой. Какой из методов выбрали бы вы и почему? **3.** Какие изменения в возрастной и половой структуре популяции серой крысы желательны с точки зрения человека, старающегося сократить ее численность? **4.** Стоит вопрос об охране редкого вида млекопитающих на одной из двух территорий. На одной из них живут взрослые плодовитые особи, но нет молодых. На другой — существуют молодые, но погибли взрослые. Какой из двух участков вы решили бы выбрать для заповедника? **5.** У какой популяции растений больше шансов на выживание: у той, которая состоит из одних проростков? Из проростков, молодых и взрослых растений?

ВСПОМНИТЕ

Продукты обмена веществ

Конкуренция

§ 13. Рост численности и плотность популяций

Рост численности популяций любого вида в природе никогда не бывает бесконечным. Рано или поздно популяция сталкивается с ограничениями, не позволяющими ей наращивать далее свое обилие. Ресурсы, за счет которых существуют виды (пища, убежища, подходящие места для размножения и т. п.), на любой территории имеют пределы. Эти пределы называют *емкостью среды* для конкретных популяций. Например, еловый лес — более емкая среда для белок, чем смешанный, с березами, так как основная пища белок в наших лесах — семена хвойных. В пригородных лесах и парках емкость среды для белок можно увеличить, размещая подкормку. В природных условиях численность популяций обычно колеблется

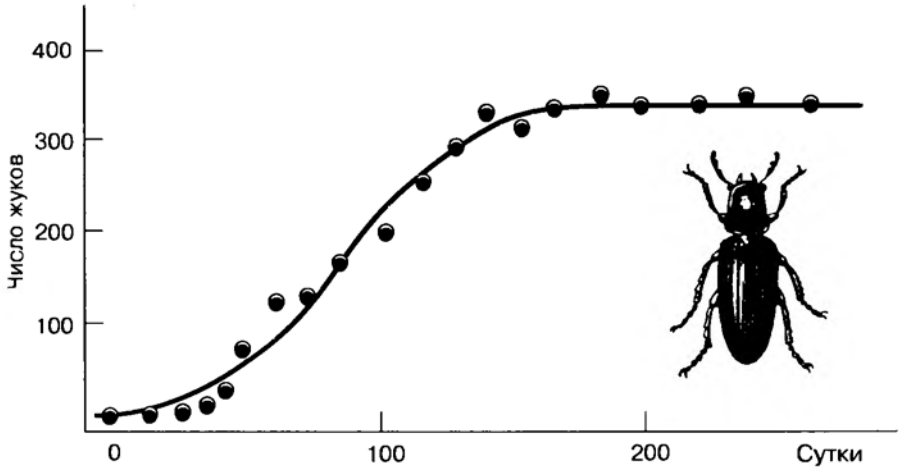


Рис. 54.
Рост численности одного из видов амбарных жуков в пшенице

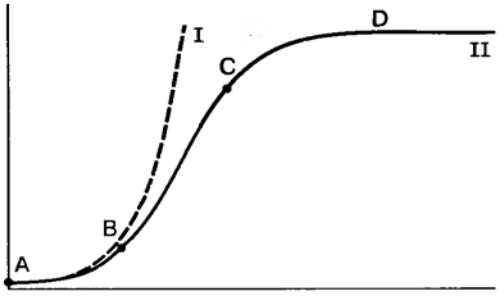


Рис. 55.
Теоретически возможная и реальная кривая роста популяции при освоении нового местообитания

вокруг определенного уровня, соответствующего емкости среды, хотя размах этих колебаний у всех видов разный.

Кривая, отражающая рост популяции, которая осваивает новое для нее местообитание, изображена на рисунке 55. Она имеет S-образную форму. Точка *A* соответствует начальному числу особей, проникших на новую территорию, точка *D* — тому, которое устанавливается в соответствии с емкостью среды. Если емкость среды невелика, то кривая отклоняется на более низком уровне численности. Точки *B*, *C* и *D* отражают критические численности популяции, меняющие темп ее роста. Отрезок *AB*, или фаза медленного роста, — очень уязвимый период в развитии популяции. В это время общая численность ее так низка, что любые случайные помехи размножению (гибель отдельных особей от хищника, неблагоприятной погоды, несчастного случая и др.) могут не только затормозить, но и полностью подорвать популяцию.

Затем кривая роста популяции становится более крутой. Однако увеличение плотности замедляет рост популяции, и при определенной плотности она перестает расти совсем. Точка *D* соответствует стабилизации. Это значит, что в популяции с определенного периода рождаемость и смертность, приток и отток особей начинают уравновешивать друг друга. Характер кривой отражает основные законы роста популяций всех видов, от бактерий до человека, в среде с ограниченными ресурсами.

Каким образом численность популяции приходит в соответствие с емкостью среды? Ведь совершенно очевидно, что, если популяция переразмножится и выйдет за пределы, предоставляемые имеющимися ресурсами, это грозит ей катастрофой.

> *Безграничный рост численности гибелен для любого вида, так как приводит к подрыву его жизнеобеспечения.*

В природе, прошедшей длительный путь эволюции, мы наблюдаем самые разнообразные способы ограничения численности видов. Среди них не только внешние воздействия на популяцию, о которых уже шла речь (неблагоприятные условия, конкуренты, хищники, паразиты, возбудители болезней и проч.), но и те изменения, которые происходят внутри самих популяций в ответ на рост *плотности*, т. е. числа особей, приходящихся на единицу пространства.

То, что плотность популяции влияет на ее дальнейший рост, можно проверить в опытах с любыми видами организмов. Например, при содержании белых мышей в вольерах, когда люди следят за чистотой клеток и обеспечивают всех кормом, мыши, достигнув определенной численности, перестают размножаться. Если перевести их в более просторную клетку, тем самым снизив плотность популяции, они продолжат размножение вновь до определенных пределов. При этом меняются характер поведения мышей и отношения их между собой. Зверьки становятся беспокойными и агрессивными, и это отрицательно влияет на процесс размножения.

> *Внутривидовые отношения и есть тот механизм, посредством которого обеспечивается* ***саморегуляция численности популяций*** *у пределов емкости среды, а у более высокоорганизованных видов даже иногда задолго до действительного исчерпания ресурсов.*

У разных видов это происходит по-разному. У растений, например, с возрастанием плотности усиливается прямая конкуренция за свет, воду, минеральное питание, в результате чего происходит *самоизреживание*: более сильные растения подавляют слабые (рис. 56).

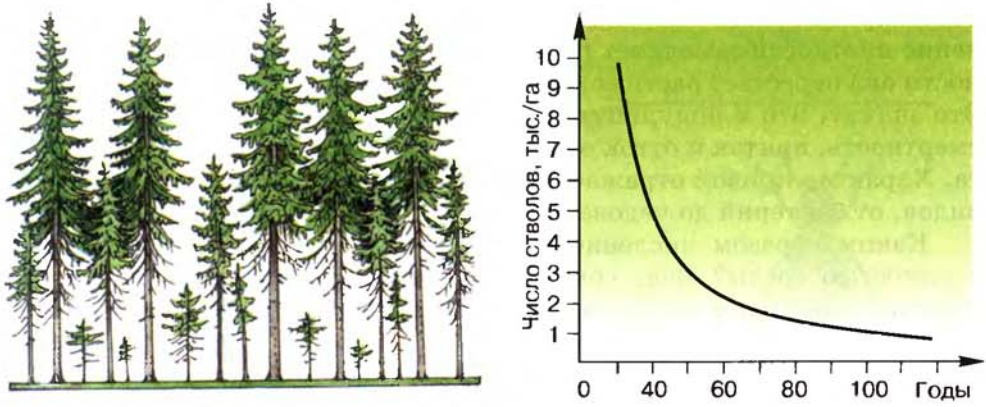


Рис. 56.
Уменьшение числа стволов деревьев с возрастом древостоя

Подвижные животные обладают иными способами реагировать на возрастающую плотность популяций. У них часть особей выселяется за пределы занятой территории и ведет поиск новых мест обитания.

Очень распространенным способом регуляции населения у животных является особое *территориальное поведение*, при котором особь или семья не пускают других на свой участок (рис. 57, 58). У обитателей замкнутых водоемов, рыб и головастиков, рост и развитие могут тормозиться продуктами обмена веществ, когда их концентрация достигает критических пределов. Отравление среды продуктами обмена — обычный результат интенсивного размножения микроорганизмов, вследствие чего деление клеток замедляется.

Каждый вид реагирует на повышение плотности по-своему. Но результат при этом возникает один и тот же: снижение численности на занимаемой территории в данном или следующих поколениях, если популяции угрожает перенаселение. Следовательно, если вся эволюция видов шла в таком направлении, что выработались механизмы реакции на собственную плотность, это явление чрезвычайно важно. Высокая плотность популяции

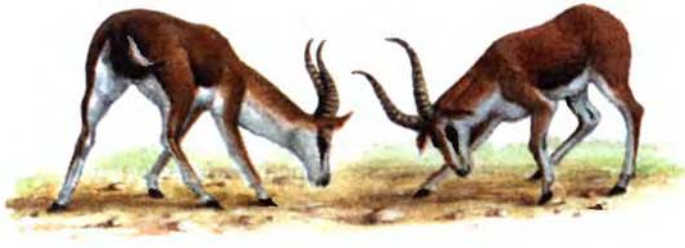


Рис. 57.
Территориальное поведение самцов антилопы

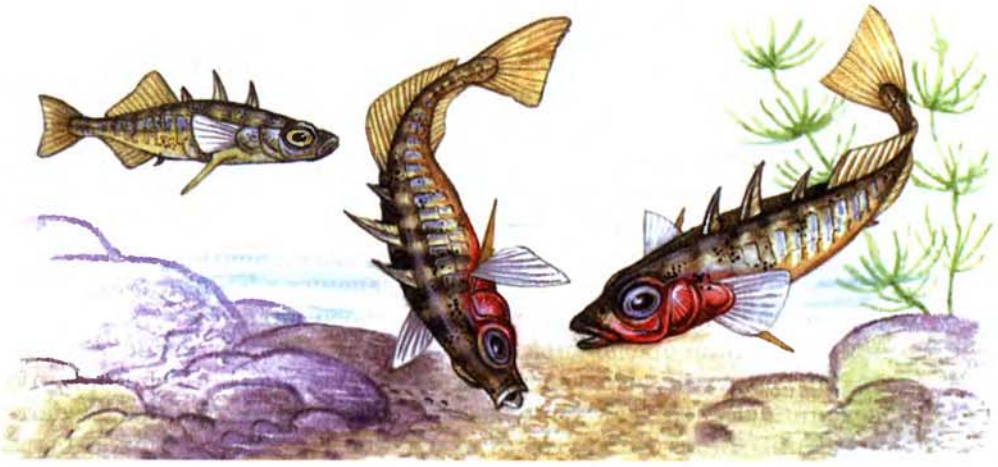


Рис. 58.
Самец колюшки защищает свою гнездовую территорию от другого самца

является сигнальным фактором, свидетельствующим об ухудшении условий.

Популяции, таким образом, могут рассматриваться как сложные системы с элементами *саморегуляции*. При этом возникает так называемая *отрицательная обратная связь*: повышение плотности популяции усиливает действие механизмов, снижающих эту плотность.

Экологически грамотно управлять численностью популяций конкретных видов можно, только хорошо изучив особенности их роста и способы саморегуляции, иначе может быть получен прямо противоположный результат.

- **Емкость среды. Саморегуляция численности популяций. Плотность популяции. Самоизреживание у растений. Территориальное поведение животных. Отрицательная обратная связь.**

- **При высокой плотности популяций в них возникают изменения, противодействующие дальнейшему нарастанию численности. У разных видов способы и эффективность саморегуляции численности различны.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Животные, ведущие оседлый образ жизни, как правило, осваивают определенные участки обитания, за пределы которых выходят сравнительно редко и всегда стремятся вернуться назад. «Свой» участок животные интенсивно обследуют и хорошо знают места кормежки, отдыха, укрытия, размещения запасов и т. п. На одном участке обитает или отдельная особь, или семья, или группа, чужие же особи изгоняются. Размеры и форма участков зависят от запасов корма, от количества и распределения убежищ, а также от особенностей сигнализации того или иного вида. Участки обитания имеют такие предельные размеры, при которых хозяева могут дать знать другим, что участок занят, и получать информацию о поведении соседей. Таким образом, члены популяции оказываются связанными друг с другом. Разделение территории может быть постоянным, но у большинства видов возникает или усиливается в период размножения.

2. Способы охраны участков обитания у разных животных различны. Некоторые виды, как, например, малый суслик, отвечают на вторжение чужаков прямой агрессией. Самцы и самки у них занимают отдельные участки, но охраняют лишь часть, а другую используют совместно с соседями. Они вступают в драку с нарушителями границ и прогоняют их. Так же поступают ящерицы ушастые круглоголовки, но у них участок, на котором находятся и самки, охраняют только самцы. Драка может быть заменена угрожающей позой, которой бывает достаточно, чтобы прогнать пришельца. Многие виды метят границы занимаемой территории пахучими веществами — мочой или выделениями специальных желез. У соболей эти железы расположены на подошвах ног, у сурков — возле анального отверстия. У птиц распространена звуковая сигнализация. Весеннее пение самцов — это сигналы, что гнездовой участок занят.

3. У малого суслика при возрастании плотности популяции на границах уменьшившихся участков резко увеличивается число драк. Самки, постоянно находящиеся в агрессивном состоянии, почти перестают размножаться. На уменьшившихся участках суслики накапливают меньше жира, из-за этого возрастает доля погибающих во время спячки. В результате численность популяции на следующий год снижается.

4. Жуки-короеды, как, например, большой лиственничный короед, издают запах, привлекающий других особей на ослабленное дерево. Совместное нападение жуков на дерево облегчает им его освое-

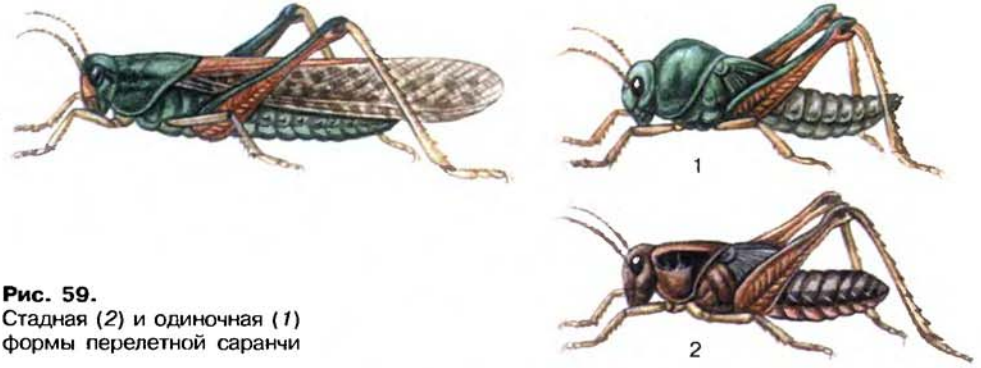


Рис. 59.
Стадная (*2*) и одиночная (*1*) формы перелетной саранчи

ние. Дерево ослабевает и перестает выделять губительную для жуков смолу. Однако слишком сильного запаха своего вида жуки не выносят, и, когда плотность популяции оказывается чрезмерно высокой, часть короедов начинает покидать дерево. Этим предотвращается перенаселение, при котором личинкам не хватило бы луба для питания и развития.

5. В таежных лесах часты вспышки размножения бабочек сибирского шелкопряда, гусеницы которых оголяют хвойные деревья (рис. 63). В период подъема численности плодовитость самок более 300 яиц. Число гусениц на одно дерево пихты может достигать 20 тыс. В период наиболее высокой плотности популяции плодовитость самок падает до 100 яиц, выживаемость личинок снижается в 2,5 раза, доля самцов увеличивается до 70 и более процентов и начинается разлет бабочек на большие расстояния, иногда более чем на 100 км. Среди мигрантов преобладают самки. Все эти изменения имеют прямую зависимость от плотности популяции.

6. Даже у таких медленно размножающихся животных, как африканские слоны, прослеживается связь особенностей размножения с численностью и плотностью популяций. По исследованиям, в некоторых заповедниках Африки, где насчитывалось по 2—3 животных на 250 га, интервалы между родами у слоних составляли около 3 лет, а возраст достижения молодыми половой зрелости — около 12 лет.

   После ужесточения мер по охране этих животных численность их возросла до 6—7 на ту же площадь. Самки стали приносить детенышей раз в 5—6 лет, а молодые начали размножаться только в 18 лет.

7. Некоторые виды саранчи существуют в двух разных формах: одиночной и стадной (рис. 59). При увеличении плотности популяции

одиночная форма через несколько линек превращается в стадную. Они отличаются внешне, а также по поведению настолько, что ранее их принимали за разные виды. В одиночной форме саранча живет оседло и питается умеренно. Стадная форма отличается прожорливостью, беспокойством и стремлением к перемене мест. Сначала саранча передвигается большими группами по земле, а после того, как окрылится, поднимается и летит огромными тучами на расстояния в сотни и тысячи километров от мест рождения. Тем самым снимается угроза перенаселенности этих мест.

Размеры стай перелетной саранчи фантастические, некоторые стаи достигали многих миллионов тонн веса. Улетевшая саранча чаще всего оседает в местах, неблагоприятных для размножения, и через некоторое время вся погибает. Нашествия стадной саранчи, таким образом, — это экологическая катастрофа не только для людей и посевов, но и для большей части самих насекомых, обреченных на гибель.

❑ **Вопросы. 1.** Какие изменения происходят в популяциях разных видов в ответ на увеличение плотности? **2.** При необходимости ограничивать численность сусликов часто применяют ядохимикаты. Это опасный способ, так как возникают загрязнение среды и нежелательные последствия. Обнаружено, что некоторые безвредные для человека и других животных препараты, использованные в ничтожных количествах в приманках, резко снижают агрессивность сусликов. Обдумайте последствия применения этих препаратов. Что произойдет с популяцией сусликов на следующий год? **3.** Самцы рыбы-колюшки строят гнездо, в которое самка откладывает икру, а затем самцы заботятся о потомстве. Если в аквариуме за стеклянной перегородкой поместить соперника, то самец выбирает место для гнезда в противоположном конце аквариума. В чем причина такой «трусливости» самцов?

❑ **Задания. 1.** В результате самоизреживания елей в густых посадках число деревьев на 1 га составляло: в 20-летних насаждениях — 6720, в 40-летних — 2380, в 60-летних — 1170, в 80-летних — 755, в столетних — 555, а в 120-летних — 465. Начертите график уменьшения стволов елей в лесу при увеличении возраста. Рассчитайте площадь, приходящуюся на одно дерево в разном возрасте. В какой период самоизреживание деревьев происходит наиболее интенсивно? Не стоит ли заранее высаживать ели разреженно? Объясните, почему — да или почему — нет. **2.** На рыборазводных заводах разрабатывают технологию получения живого корма для мальков. Для этого культивируют различных простейших, коловраток и рачков дафний. Используют два основных способа их разведения: 1) в непроточных емкостях с кормовой взвесью корм подают до тех пор, пока рост популяции не прекратится, после чего собирают «урожай»; 2) в проточных емкостях, куда постоянно подается вода с кормом, а часть воды вместе с животными также непрерывно удаляется. При непроточном способе получают инфузорий и коловраток 18—20 г с 1 м^3 воды в сутки, дафний — 70. При проточном методе соответственно 20 кг и 0,5 кг. Чем объяснить столь значительную разницу в результатах при разных способах культивирования этих водных животных?

❑ **Темы для дискуссий. 1.** При сильнозагущенном посеве семян клевера самоизреживания растений не произошло. Общий урожай зеленой массы оказался таким же, как и при разреженном посеве. Значит ли это, что саморегуляция популяции растений в данном случае отсутствовала? **2.** Если у бабочек сибирского шелкопряда так сильно развиты способы реакции на высокую плотность популяции, приводящие в конце концов к затуханию очага размножения, то стоит ли проводить борьбу с этим насекомым? **3.** У слонов снижение скорости размножения начинается при повышении плотности популяции в 2—3 раза, а у многих насекомых — только когда плотность возрастает в десятки и сотни раз. Обсудите возможные причины столь разной «чувствительности» видов к изменению плотности популяций. **4.** Если популяция реагирует на собственную высокую плотность снижением рождаемости, то почему возможно чрезмерное размножение вредителей на полях и в садах? **5.** Стоит ли разрешать охоту на диких животных? Если да, то можно ли сделать так, чтобы охота не наносила урона популяциям этих животных?

ВСПОМНИТЕ

Биотические связи

Антропогенное воздействие

§ 14. Численность популяций и ее регуляция в природе

Численность любой популяции чрезвычайно динамична, т. е. подвержена постоянным изменениям. Кривая роста численности популяции, показывающая, что она со временем достигает стабильного состояния, — это крайне идеализированная схема событий. На самом деле численность популяции не застывает на одном месте, а постоянно колеблется вокруг некоторого среднего уровня в соответствии с изменяющимися условиями. Размах этих колебаний может быть очень различным.

Выделяют три типа популяционной динамики: стабильный, изменчивый и взрывной (рис. 60). *Стабильным* считается ход численности при изменениях всего в несколько раз, *изменчивым* — при колебаниях в десятки раз, а *взрывная* динамика характеризуется периодическим превышением обычной численности в сотни и тысячи раз.

Какие причины определяют размах изменчивости популяции на занимаемой ею территории?

На численность популяций влияют самые разнообразные факторы: и погода, и обеспеченность пищей, и хищники, и болезни, и возрастной состав, и соотношение полов и возрастных групп в самой популяции, и многие другие.

В этом многообразии, однако, можно четко выделить две группы факторов. Действие одних *односторонне.* Они влияют на популяцию, но сами *не зависят* от ее численности и плотности. Таковы в основном все абиотические факторы, например все погодные условия: температура, дожди, ветры, солнечная радиация, давление и т. п. Они могут обусловить значительную смертность или, наоборот, благоприятствовать раз-

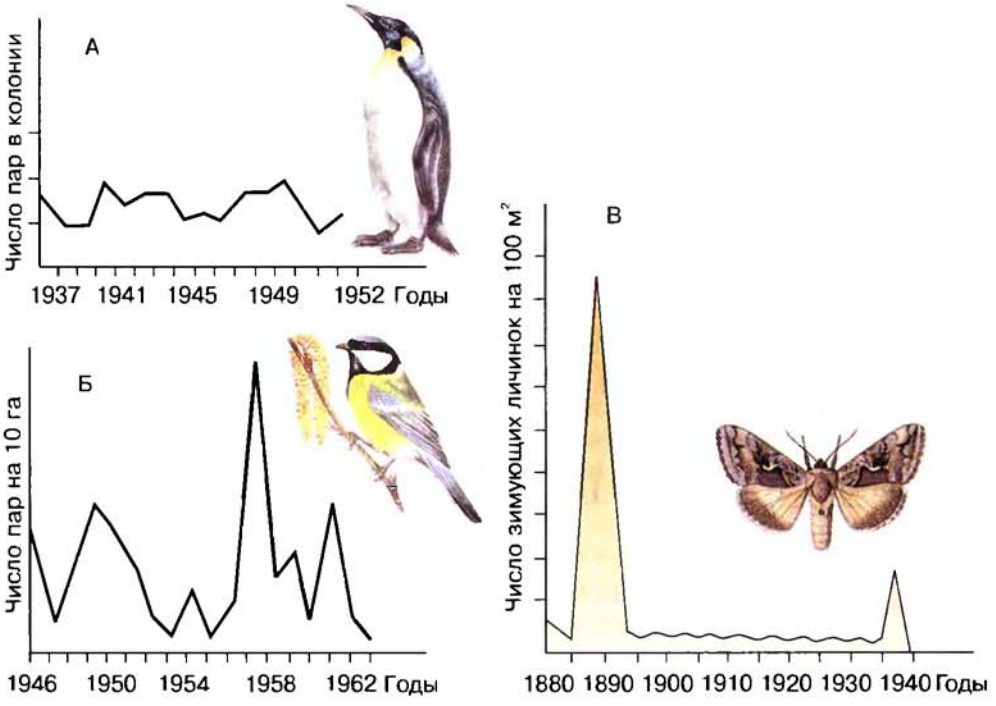


Рис. 60.
Типы популяционной динамики: *А* — стабильный; *Б* — изменчивый; *В* — взрывной

множению. Эти факторы не регулируют плотность популяции, а просто отклоняют ее в ту или иную сторону. Их изучение важно для прогноза численности вида на данной территории.

Вторая группа факторов относится к регуляторам численности популяций. Регуляция — это *двустороннее взаимодействие.* Она возникает по принципу отрицательной обратной связи, когда рост численности популяции вызывает все увеличивающееся противодействие этому росту. Действие регулирующих факторов зависит от плотности популяции. Чем выше становится численность вида, тем сильнее растет противодействие. При падении численности действие регуляторов ослабевает. По этому принципу на популяцию действуют как другие виды, так и рост собственной плотности.

Действительно, чем выше численность жертв, тем больше пищи для хищников и паразитов, тем быстрее могут распространяться возбудители опасных заболеваний и тем сильнее обостряется конкуренция внутри собственного вида.

Таким образом, факторы, регулирующие численность популяции, т. е. возвращающие ее к норме из состояния переуплотнения, — это

в основном *межвидовые* и *внутривидовые* отношения, т. е. *биотические связи*. Именно они удерживают плотность популяции в определенных границах, не допуская виды до критического состояния — подрыва собственных ресурсов.

Однако, несмотря на сложность и переплетенность межвидовых и внутривидовых отношений в природе, некоторые виды могут на время «ускользать» от влияния регуляторов. Разберем, как это происходит, на примере отношений хищник — жертва.

Ч. Элтон (1900—1991)

выдающийся английский эколог, основоположник экологии популяций

Повышение плотности популяции жертв означает увеличение кормов для хищников. Добыча хищников возрастает. Например, горностай за одну охоту при обилии мышей добывает не одну, а три-четыре особи, больше, чем может съесть. Это быстрая реакция хищников на число жертв, и она часто может остановить рост их численности. Возникает изменчивый тип динамики популяции жертвы по принципу отрицательной обратной связи. Он характерен для видов в тех местах, где у них много постоянно действующих врагов-потребителей. Любое увеличение численности вызывает немедленную ответную реакцию по подавлению этой численности.

Реакция хищника не всегда способна затормозить рост численности жертв, потому что у любой особи потребителя есть предел насыщения.

> *Если жертвы размножаются быстрее, чем их ловят хищники, рост их популяций продолжается.*

Усиление воздействия на жертв связано с размножением самих хищников. Их число, а следовательно, и число потребляемых ими жертв увеличивается при этом в геометрической прогрессии, и их регуляторное влияние на популяции жертв резко возрастает. Число горностаев, например, после богатого кормом года может возрасти в 30—50 раз, их влияние на популяцию жертв увеличится в 120—200 раз.

Во внутривидовых отношениях также есть немедленные и запаздывающие реакции на собственную плотность. Например, территориальное поведение животных отражается на численности данного поколения, а падение плодовитости самок или увеличение доли самцов скажется только на численности будущего потомства.

Таким образом, одни регулирующие факторы останавливают рост плотности популяций почти сразу же, другие — с запозданием. От этого и зависит тип динамики численности. Если преобладает запаздывающая

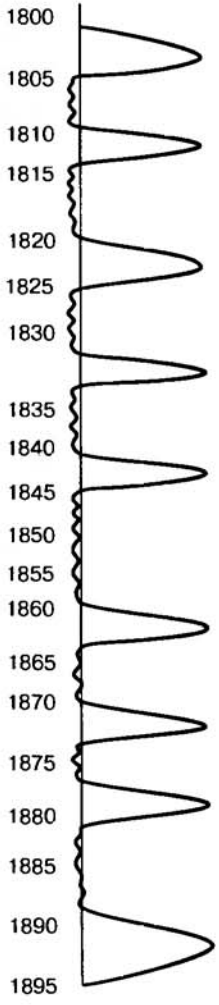


Рис. 61.
Взрывы численности пустынной саранчи в Азии в течение XIX столетия

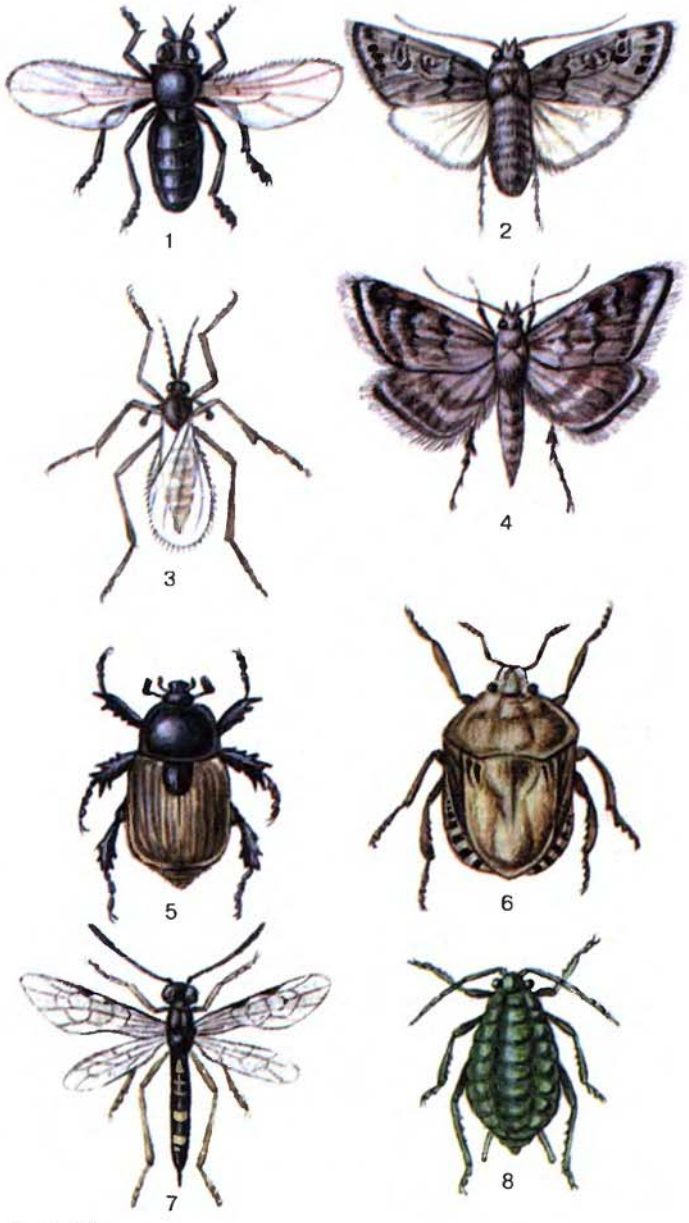


Рис. 62.
Виды насекомых, ставшие опасными вредителями сельского хозяйства: *1* — шведская муха; *2* — озимая совка; *3* — гессенский комарик; *4* — луговой мотылек; *5* — жук-кузька; *6* — клоп вредная черепашка; *7* — хлебный пилильщик; *8* — злаковая тля

регуляция или вид на время освобождается от действия врагов, возникают *взрывы численности* (рис. 61).

Что происходит, если антропогенное воздействие ослабляет регуляторные связи в природе? Яркий пример этому — распространение сельскохозяйственных вредителей. До возникновения промышленного земледелия виды, которые мы называем вредителями, не были ими, потому что не размножались в таких количествах, находясь под влиянием многочисленных регуляторов. При сплошной распашке земель, в обедненных видами сообществах тип динамики численности многих насекомых, питающихся культурными растениями, превратился из стабильного в сильно изменчивый или взрывной, доставляя много неприятностей человеку (рис. 62).

Современные представления о динамике популяций дают возможность предсказывать ход численности отдельных видов, а также усиливать или ослаблять регуляторные связи в управлении их численностью. Обязательным условием для этого является глубокая изученность экологических связей конкретных популяций.

- **Динамика численности популяций. Ход численности: стабильный, изменчивый, взрывной. Одностороннее действие фактора. Регуляция численности. Двусторонние взаимодействия. Немедленная реакция на плотность популяции. Запаздывающая реакция. Взрывы численности.**

- **Абиотические факторы влияют на численность популяций, действуя односторонне, тогда как биотические (и межвидовые, и внутривидовые) служат регуляторами плотности на основе обратной связи. Ослабление регуляторных связей в природе приводит к взрывам численности видов.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Английский эколог Чарлз Элтон впервые обобщил наблюдения и описал взрывы численности завезенных видов, которые он назвал «экологическими нашествиями». Примером такого нашествия является распространение в Северной Америке и Европе колорадского жука. Этот вид родом из Мексики. Впервые его массовое размножение было описано в американском штате Колорадо, откуда он и получил свое название. В Европе первые особи были замечены в 1922 г. на побережье Франции. С этого времени началось неуклонное продвижение его на восток, вплоть до европейской части нашей страны. Жук стал опасным вредителем картофеля, способным полностью уничтожить его урожай. Основные методы борьбы с ним в настоящее время — химические. Подобные нашествия характерны для видов, которые не встречают на новой территории врагов — регуляторов численности.

Рис. 63.
Вспышка численности сибирского шелкопряда

2. Вспышки массового размножения сибирского шелкопряда обычно наступают после малоснежных и холодных зим (рис. 63). Морозы губят значительную часть паразитов-яйцеедов, которые обычно поражают до 90% яиц шелкопряда. Из сохранившихся кладок шелкопряда вылупляются гусеницы, которые сначала так и живут скоплениями. В этих скоплениях у них возникает так называемый эффект группы — ускоренное развитие по сравнению с одиночными гусеницами. При этом повышается обмен веществ, появляется темная окраска. Взрослые бабочки в период вспышек численности также темные, в разреженных популяциях — светлые. Оголенные шелкопрядом хвойные деревья обычно погибают. Бабочки, разлетаясь, создают очаги переживания до нового ослабления действия регуляторов.

3. В гнездах ястреба-перепелятника обычно 4—6 яиц. Родители не всегда могут выкормить всех птенцов, поэтому часть из них погибает. Среднее число птенцов, нормально вылетевших из гнезда, равно трем. На западе России смертность взрослых птиц в первый год жизни — около 50%, начиная со второго — около 40%. Средняя продолжительность жизни после вылета из гнезда — около 2 лет, максимальная — 9 лет. Перепелятники располагают свои гнезда на большом расстоянии друг от друга. При таких показателях размножения и смертности численность перепелятника варьирует в небольших пределах, в 2—4 раза, т. е. имеет стабильный характер.

4. У видов, имеющих мало врагов (тигры, волки, слоны и др.), основную роль в регуляции численности играют не межвидовые, а внутривидовые связи. У таких видов сильно выражены территориальные отношения. Семья уссурийских тигров охотится на большой территории в несколько сотен квадратных километров. Молодые особи до двух-трехлетнего возраста остаются на территории родителей, но затем ее покидают. Размножаемость тигров невелика. Взрослые живут до 50 лет, самка за жизнь рождает 10—20 тигрят, из которых половина погибает в раннем возрасте по случайным причинам. При обилии дичи территория семьи уменьшается, при недостатке увеличивается. Это основной регулятор плотности популяции. Главный фактор смертности тигров в настоящее время — охота на них человека.

5. Обычно регуляция численности видов в природе обеспечивается множественными связями. У насекомых, например, при умеренных темпах размножения популяции сдерживаются многоядными хищниками (птицами, землеройками, пауками, другими насекомыми и т. д.). С увеличением скорости роста, когда хищники уже не успевают выедать пополнение, увеличивается влияние специализированных по видам паразитов и наездников, которым при повышен-

ной численности хозяев легче находить их яйца и личинок. Если же и паразиты не успевают за размножением популяции, то создается такая высокая плотность, при которой резко возрастает вероятность распространения инфекций. При еще более высокой плотности вступает в силу внутривидовая конкуренция.

Таким образом, на пути увеличения численности вида возникает множество последовательных преград, образующих надежную систему регуляции. Поэтому, хотя в природе насчитываются миллионы видов насекомых, большинство их не дает вспышек массового размножения.

- **Вопросы. 1.** Почему действие на популяцию большинства абиотических факторов среды не считают регуляцией численности? **2.** Численность ворон в городе Москве ежегодно зимой увеличивается в несколько раз по сравнению с летом, в марте резко падает, а в мае вновь возрастает. С чем связаны такие особенности динамики численности этих птиц в городе? **3.** Что может служить причинами, ограничивающими плотность популяций птиц-дуплогнездников, например синиц, в молодом лесу? в старом городском парке? **4.** У всех ли видов можно ожидать взрывов численности популяций при отсутствии врагов?

- **Задания. 1.** На одном из пунктов наблюдений за перелетными птицами в течение 10 лет было окольцовано следующее число ястребов-перепелятников: 73, 80, 86, 78, 57, 45, 39, 40, 50, 70. Считая, что количество окольцованных птиц пропорционально их общей численности, определите, в какой период смертность в популяции была более высокой. Выделяются ли многолетние периоды в колебаниях численности? **2.** Проанализируйте изменчивость заготовок маньчжурской белки за 20 последовательных лет. Объем добычи приводится в баллах: 1, 32, 4, 27, 25, 2, 3, 37, 1, 6, 95, 21, 68, 28, 1, 22, 22, 41, 26, 62. Какие закономерности можно проследить в динамике численности белки? С какой вероятностью можно планировать объем заготовок пушнины на 1 год вперед? на 10 лет?

- **Темы для дискуссий. 1.** Что нужно знать о виде, чтобы с достаточной вероятностью прогнозировать его численность? **2.** Буквальное исполнение лозунга «Превратим всю Землю в цветущий сад» опасно с экологической точки зрения. Почему? **3.** Жизнь домашних животных целиком обеспечивается человеком. Какое отношение теория динамики численности популяций имеет к животноводству? **4.** Если взрывы численности — нормальное явление в жизни некоторых видов, то почему это так беспокоит человека? **5.** Предложите принципы охраны в природе редких видов.

ВСПОМНИТЕ

Сообщества

Ярусы растительности

§ 15. Биоценоз и его устойчивость

Биоценоз — сложная природная система. Весь комплекс совместно живущих и связанных друг с другом видов называют *биоценозом* («биос» — жизнь, «ценос» — сообщество).

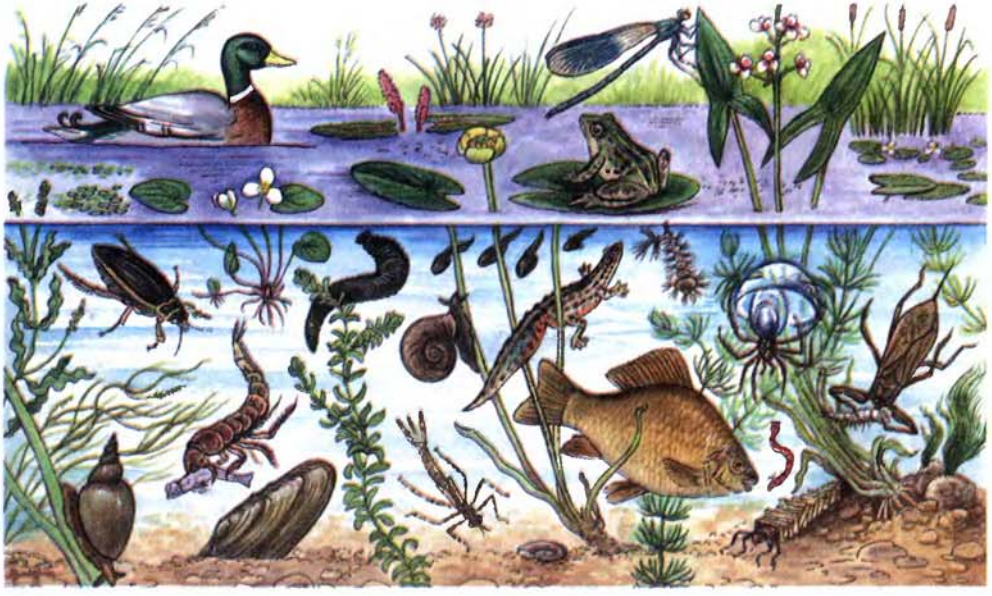


Рис. 64.
Биоценоз пруда

В природе биоценозы бывают разного масштаба. Это, например, биоценоз моховой кочки, разрушающегося пня, луга, пруда, болота, леса (рис. 64, 65). Существуют рукотворные биоценозы — аквариум, террариум, теплица, оранжерея. Во всех случаях мы выделяем такое сообщество организмов, в котором совместно живущие виды оказываются приспособленными к определенному комплексу абиотических условий и поддерживают свое существование через связи друг с другом. Более мелкие биоценозы являются в природе частями более крупных, как, например, все обитатели лесной поляны или ствола упавшего дерева — часть общего биоценоза леса, а прибрежные и донные биоценозы — части общего речного или озерного сообщества.

Биоценозы — не случайные собрания разных организмов. В сходных природных условиях и при близком составе фауны и флоры возникают сходные, закономерно повторяющиеся биоценозы. Мы с уверенностью можем предполагать, что в разных дубравах в полосе широколиственных лесов мы можем встретить также липу, клен, лещину, среди трав — сныть, ветреницу дубравную и другие совершенно определенные виды растений, среди животных — белку, кабана, желтогорлую мышь, синицу-лазоревку, мухоловку-пеструшку, сойку, желудевого долгоносика. В еловых лесах — другой набор видов, при этом часть из них может быть общей с другими сообществами, а часть — встречается только в ельниках.

Рис. 65.
Биоценоз дубравы

Таким образом, вся живая природа состоит не только из отдельных организмов и видов, но и из разнообразных биоценозов, в которые группируются представители различных видов. Биоценозы, как и популяции, — это *надорганизменный уровень организации жизни.*

Общее число видов, способных ужиться в одном биоценозе, в природе очень велико. Самые богатые видами — тропические леса. Их разнообразие до сих пор не описано достаточно полно. Приблизительно считают, что на площади в квадратный километр в тропическом лесу обитает несколько сотен тысяч видов растений и животных, не считая микроорганизмов и грибов. Но и в тех природных сообществах, которые формируются в достаточно суровых условиях, например в тундрах или высокогорьях, вместе живут тысячи видов организмов.

Члены биоценоза связаны прямыми или косвенными пищевыми отношениями, создают среду обитания друг для друга и взаимно ограничивают численность. Виды приспособились к совместному обитанию в ходе длительной эволюции. В биоценозах идут процессы борьбы за существование и естественного отбора.

Любой биоценоз — это сложная *природная система*, которая поддерживается за счет связей между видами и имеет сложную внутреннюю структуру.

Видовая структура биоценоза. Виды, входящие в биоценоз, очень неравноценны по численности. Одни из них массовые, другие малочисленны, третьи — совсем редки. Наиболее массовые виды биоценоза называют *доминантами* или *доминирующими видами*. Например, в ельнике-черничнике среди деревьев постоянно доминирует ель, среди наземных растений — черника, зеленые мхи, среди птиц — пеночка-теньковка, синица-гаичка, из куриных птиц — рябчик, а среди мышевидных грызунов преобладает рыжая полевка.

Массовые виды составляют основное ядро биоценоза. Ряд видов достигает высокой численности лишь периодически, временами включаясь в состав массовых. В еловых лесах это зяблики, клесты-еловики, лесные мыши. Наиболее разнообразны в биоценозах редкие и *малочисленные виды*.

Если построить график, отражающий долю видов с разной численностью, то для большинства биоценозов в той части шкалы, где пред-

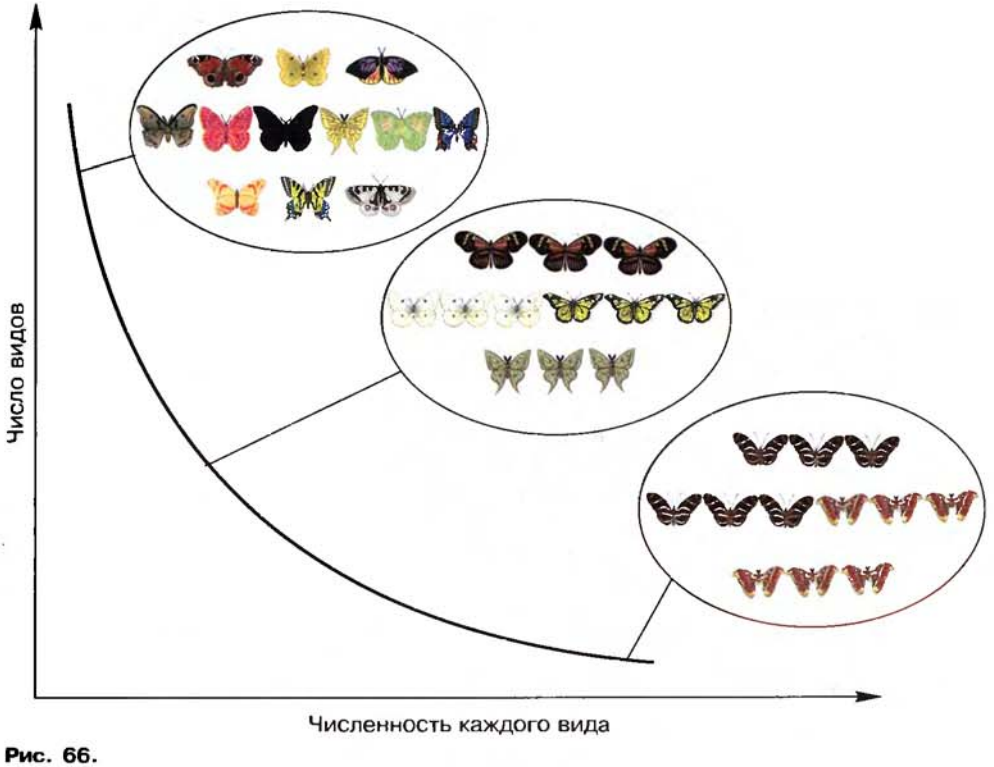


Рис. 66.
Кривая соотношения видов по численности в биоценозе

К. Мебиус (1825—1908)

немецкий гидробиолог, обосновал учение о биоценозах

ставлены редкие виды, кривая резко уходит вверх (рис. 66). Это означает, что в устойчивом биоценозе редких видов много, а очень многочисленных — мало. В тропическом лесу, например, так велико разнообразие деревьев, что на площади в 1 км^2 иногда с трудом можно найти несколько деревьев одного вида.

Какую же роль играют в биоценозах массовые и малочисленные виды? Виды-доминанты определяют главные связи в сообществе. Они создают его основную структуру и внешний облик.

Часть массовых видов — важные *средообразователи,* сильно влияющие на условия жизни для других. В еловых лесах распределение света и осадков, микроклимат, мозаика почвенных условий — все определяется елью. От состояния елового древостоя зависит жизнь многих наземных растений и тысяч видов животных от белок и синиц до многочисленных мелких членистоногих в лесной подстилке.

Малочисленные виды составляют как бы резерв сообщества. В существующей обстановке они не могут реализовать свои возможности размножения, но в изменившихся условиях в состоянии включиться в состав доминантов или даже занять их место. Среди множества малочисленных видов всегда найдутся такие, для которых отклонение условий от средней нормы окажется благоприятным.

Таким образом, биоценоз сохраняет свою устойчивость и не разрушается при разных погодных колебаниях и других внешних воздействиях, включая умеренные антропогенные.

Соотношение видов по численности создает *видовую структуру биоценоза.* Для каждого типа биоценозов она вполне закономерна.

Распределение видов в пространстве. Для биоценозов характерно также закономерное распределение видов в пространстве. Основу этого распределения формирует растительность. Растения создают в биоценозах *ярусность,* располагая друг под другом листву в соответствии со своей формой роста и светолюбием. В лесах умеренного климата может быть до 5—6 ярусов растений.

Животные также живут в отдельных ярусах растительности, но в силу своей подвижности разные виды животных могут осваивать и сразу несколько ярусов. Белки, например, строят гнезда и выводят бельчат на деревьях, а собирать орехи, грибы, ягоды могут на земле.

Для видового разнообразия биоценозов важно также, однородно или мозаично распределена растительность на территории. В лесах,

где много полян и опушек, видовой состав и растений, и птиц, и насекомых намного богаче, чем в обширных однотонных насаждениях. Это явление называется *опушечным эффектом* и часто используется при создании парков и других искусственных лесных насаждений, где хотят восстановить видовое разнообразие.

Экологическая ниша вида. Как уже обсуждалось, виды уживаются в одном биоценозе в тех случаях, когда они расходятся по экологическим требованиям и ослабляют тем самым конкуренцию друг с другом. Таким образом, каждый вид использует ресурсы по-своему и имеет свои особенности связей с другими видами.

> *Положение, которое вид занимает в составе биоценоза, называется его* ***экологической нишей.*** *Экологическую нишу вида характеризуют и границы выносливости его по отношению к разным факторам, и характер связи с другими видами, и образ жизни, и распределение в пространстве.*

Экологические ниши совместно живущих видов могут частично перекрываться, но полностью никогда не совпадают, так как при этом вступает в действие закон конкурентного исключения и один вид вытесняет другой из данного биоценоза.

Устойчивость биоценозов. Изменения, возникающие в биоценозах, по-разному связаны с их устойчивостью. Если, например, один конкурирующий вид вытеснит другой, существенных изменений в биоценозе не произойдет, особенно если этот вид не относится к числу массовых. Соответствующая экологическая ниша просто окажется занятой другим видом. Например, соболь, живущий в хвойных лесах Сибири, — многоядный хищник, питающийся мелкими грызунами, птицами, орешками кедровой сосны, ягодами и насекомыми, добывая свою пищу как на земле, так и на деревьях. Такую же роль в северных европейских лесах играет лесная куница. Поэтому, если вместо куниц в лесу будут жить соболи, лесной биоценоз сохранит все свои основные черты.

> *Малочисленные виды — наиболее уязвимая часть биоценоза. Их популяции часто находятся на* ***пределе выживаемости.*** *Поэтому они в первую очередь исчезают из сообществ при антропогенных влияниях, ухудшающих условия существования биоценоза.*

Потери редких и малочисленных видов также до определенного времени не меняют существенно основных биоценотических связей. Так, еловый лес или дубрава возле большого города могут долго сохраняться и даже возобновляться несмотря на то, что из-за постоянного посещения людьми, вытаптывания, сбора плодов и цветов и т. п. из них исчезают многие виды растений, птиц, насекомых. Состав таких лесов беднеет, а устойчивость ослабевает постепенно и незаметно. Ослабленный, обед-

ненный лесной биоценоз может разрушиться внезапно, за короткий срок из-за внешне, казалось бы, незначительных причин. Например, начинает накапливаться опад из-за недостатка или малой активности почвенных обитателей, деревья исчерпывают запасы минерального питания, ослабевают, подвергаются нападению массовых вредителей и гибнут.

Выпадение из состава биоценоза основных видов-средообразователей ведет к разрушению всей системы и смене сообществ. Такие изменения в природе часто производит человек, вырубая леса, создавая перевыпас скота в степях и на лугах или перевылов рыб в водоемах.

Внезапное разрушение прежде устойчивых сообществ — свойство всех сложных систем, у которых постепенно ослабевают внутренние связи. Знание этих закономерностей важно для создания искусственных сообществ и поддержания природных биоценозов. При восстановлении степей, лесов, посадке лесопарков стремятся создать сложную видовую и пространственную структуру сообществ, подбирая дополняющие друг друга и уживающиеся вместе виды, добиваются появления разнообразного круга малочисленных форм для стабилизации складывающегося сообщества.

- **Биоценоз. Доминанты. Доминирующие виды. Малочисленные виды. Видовая структура биоценоза. Ярусность. Опушечный эффект. Виды-средообразователи. Экологическая ниша.**

- **Биоценозы — не случайные, а закономерные сожительства разных видов в природе. В сходных условиях формируются похожие биоценозы. Доминирующие виды определяют в них основные связи, малочисленные и редкие служат резервом устойчивости. Биоценозы — сложные надорганизменные системы.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Название «биоценоз» ввел в науку немецкий ученый Карл Мебиус в 1877 г. Изучая, как увеличить продуктивность устричного хозяйства на отмелях Северного моря, он обнаружил, что устрицы образуют вместе с другими видами морских животных тесные сообщества, которые приурочены к определенному грунту, солености и температуре воды. В этих сообществах происходит борьба за существование и регуляция численности видов, поэтому их продуктивность имеет пределы. Отсюда следовал практический вывод: «Если желательно увеличить число животных и растений

против того, что имеется в естественных сообществах, то следует защитить яйца и молодь от врагов, дать им необходимую пищу и достаточное пространство. Это имеет место при искусственном разведении устриц, в рыболовстве, в лесном, полевом и садовом хозяйстве. В них мы имеем дело с искусственными жизненными сообществами, в которых важным фактором является работа человеческой мысли и работа рук».

2. Ярусность существует не только в надземной, но и в подземной части биоценоза. Корни разных растений проникают на различную глубину. Таким образом растения частично избегают конкуренции, разделяя ресурсы. Почвенные животные также осваивают разные подземные «этажи». Среди дождевых червей, например, одни роют вертикальные норы до метра глубиной и затаскивают туда перепревающую листву. Другие не проникают глубже 20—30 см, питаясь почвенным перегноем. Третьи вообще не встречаются в минеральных слоях, а всю жизнь проводят в слое лесного опада, перерабатывая его на месте.

3. Состав и структура биоценозов испытывают регулярные циклические изменения, связанные со сменой времен года. Зимой многолетние растения переходят в состояние глубокого покоя, а однолетники отмирают, оставляя семена. Холоднокровные животные впадают в оцепенение. Активны лишь теплокровные — птицы и млекопитающие, но часть их также впадает в спячку или мигрирует на юг. От весны к осени также закономерно меняется и растительный покров, проявляя последовательность в цветении и плодоношении разных видов, и деятельность животных, и активность микроорганизмов. На эту регулярную цикличность накладывается изменчивость погодных условий в разные годы. Холодные или жаркие, засушливые или дождливые периоды отклоняют ход численности отдельных видов, нарушая правильную цикличность. Биоценозы, таким образом, находятся в состоянии постоянной изменчивости. Их устойчивость основана на регуляторных связях, которые поддерживают примерные соотношения численностей основных видов.

4. В степях и пустынях среди млекопитающих возможны следующие группы видов со сходным образом жизни: 1) постоянные подземные обитатели, 2) роющие виды, кормящиеся на поверхности, 3) скачущие травоядные, 4) быстро бегающие травоядные, 5) быстро бегающие хищники. Эти экологические ниши млекопитающих в открытых ландшафтах разных континентов занимают разные виды, имеющие близкую жизненную форму. Таким образом, сходные типы биоценозов могут возникать на разной видовой основе.

5. Для сравнения биоценозов используют разные методы, например расчеты по формуле Жаккара:

$$K = \frac{C \cdot 100}{(A + B) - C}\ \%,$$

где A — число видов данной группы в первом сообществе, B — во втором, а C — число видов, общих для обоих сообществ.

Биоценозы сравнивают попарно, сопоставляя видовой состав по систематическим группам, например спискам цветковых растений, мхов, лишайников, птиц, млекопитающих, насекомых и др. Сходство выражается в процентах. Так, если в каждом биоценозе по 10 видов данной группы и 5 из них встречается как в одном, так и другом сообществе, то видовое сходство составит 33%, а если общих видов 8 — то 66%.

❑ **Вопросы. 1.** Назовите доминирующие и малочисленные виды в птичьем населении: 1) городских территорий, 2) сельских поселков. **2.** Чем отличаются по набору видов растений, птиц и млекопитающих биоценозы естественной дубравы и городского парка? **3.** Перечислите группы организмов, из которых можно сформировать устойчивый аквариумный биоценоз.

❑ **Задания. 1.** Сравните видовой состав гнездящихся птиц на трех участках приволжской степи. Используйте формулу Жаккара.

Ковыльная степь: степной жаворонок, полевой жаворонок, малый жаворонок, каменка-плясунья, каменка-плешанка, лунь степной, орел степной.

Посевы с лесополосами: степной жаворонок, полевой жаворонок, малый жаворонок, желтая трясогузка, розовый скворец, перепел, лунь полевой.

Посевы без лесополос: степной жаворонок, полевой жаворонок, малый жаворонок, каменка-плясунья, чибис, лунь полевой.

На каких участках сообщества более сходны между собой по составу размножающихся птиц? **2.** Выберите из приведенного ниже списка млекопитающих виды, занимающие сходные экологические ниши в евразиатских и австралийских степях: кенгуру, слепыш, тушканчик, сумчатый волк, сайгак, сумчатый крот, волк, суслик, хомяк, цокор, вомбат. Какие по образу жизни млекопитающие отсутствуют в австралийских степях?

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Конструируя лесополосы, парки, сады и т. п., человек подбирает только небольшое число основных видов. В природных биоценозах видов во много раз больше. Значит ли это, что мы не можем создавать устойчивые сообщества? **2.** Могут ли в настоящее время сохраниться биоценозы, не подверженные никаким антропогенным воздействиям? **3.** Как можно использовать опушечный эффект при планировании сельскохозяйственных угодий? **4.** При удалении какого-либо вида из биоценоза остальные занимают его место, повышают численность и выполняют его роль. Зачем тогда заботиться о сохранении видового разнообразия сообществ? **5.** Существуют ли в природе неустойчивые сообщества?

Глава 3

Экосистемы

ВСПОМНИТЕ

Круговорот веществ в природе

Органическое вещество

Растительноядные виды

Плотоядные виды

§ 16. Законы организации экосистем

В биоценозах живые организмы теснейшим образом связаны не только друг с другом, но и с неживой природой. Связь эта выражается через вещество и энергию.

Обмен веществ, как известно, одно из главных проявлений жизни. Говоря современным языком, организмы представляют собой открытые биологические системы, так как они связаны с окружающей средой постоянным потоком вещества и энергии, проходящим через их тела. Материальная зависимость живых существ от среды была осознана еще в Древней Греции. Философ Гераклит образно выразил это явление в таких словах: «Текут наши тела, как ручьи, и материя постоянно обновляется в них, как вода в потоке». Вещественно-энергетическую связь организма со средой можно измерить.

Поступление пищи, воды, кислорода в живые организмы — это потоки вещества из окружающей среды. Пища содержит энергию, необходимую для работы клеток и органов. Растения напрямую усваивают энергию солнечного света, запасают ее в химических связях органических соединений, а затем она перераспределяется через пищевые отношения в биоценозах.

Потоки вещества и энергии через живые организмы в процессах обмена веществ чрезвычайно велики. Человек, например, за свою

В. Н. Сукачев (1880—1967)

крупный русский ботаник, академик, основоположник биогеоценологии — науки о природных экосистемах

жизнь потребляет десятки тонн еды и питья, а через легкие — многие миллионы литров воздуха. Многие организмы взаимодействуют со средой еще более интенсивно. Растения на создание каждого грамма своей массы тратят от 200 до 800 и более граммов воды, которую они извлекают из почвы и испаряют в атмосферу. Вещества, необходимые для фотосинтеза, растения получают из почвы, воды и воздуха.

При такой интенсивности потоков вещества из неорганической природы в живые тела запасы необходимых для жизни соединений — *биогенных элементов* — давно были бы исчерпаны на Земле. Однако жизнь не прекращается, потому что биогенные элементы постоянно возвращаются в окружающую организмы среду. Происходит это в биоценозах, где в результате пищевых отношений между видами синтезированные растениями органические вещества разрушаются в конце концов вновь до таких соединений, которые могут быть снова использованы растениями. Так возникает *биологический круговорот веществ.*

Таким образом, биоценоз является частью еще более сложной системы, в которую, кроме живых организмов, входит и их неживое окружение, содержащее вещество и энергию, необходимые для жизни. Биоценоз не может существовать без вещественно-энергетических связей со средой. В итоге биоценоз представляет с ней некое единство.

> *Любую совокупность организмов и неорганических компонентов, в которой может поддерживаться круговорот вещества, называют* ***экологической системой*** *или* ***экосистемой.***

Природные экосистемы могут быть разного объема и протяженности: небольшая лужа с ее обитателями, пруд, океан, луг, роща, тайга, степь — все это примеры разномасштабных экосистем. Любая экосистема включает живую часть — биоценоз и его физическое окружение. Более мелкие экосистемы входят в состав все более крупных, вплоть до общей экосистемы Земли. Общий биологический круговорот вещества на нашей планете также складывается из взаимодействия множества более частных круговоротов.

Экосистема может обеспечить круговорот вещества только в том случае, если включает необходимые для этого четыре составные части: запасы биогенных элементов, продуценты, консументы и редуценты (рис. 67).

Продуценты — это зеленые растения, создающие из биогенных элементов органическое вещество, т. е. биологическую продукцию, используя потоки солнечной энергии.

Консументы — потребители этого органического вещества, перерабатывающие его в новые формы. В роли консументов выступают обычно животные. Различают консументы первого порядка — растительноядные виды и второго порядка — плотоядных животных.

Редуценты — организмы, окончательно разрушающие органические соединения до минеральных. Роль редуцентов выполняют в биоценозах в основном грибы и бактерии, а также другие мелкие организмы, перерабатывающие мертвые остатки растений и животных (рис. 68).

А. Тенсли (1871—1955)

английский ботаник, ввел в науку понятие «экосистема»

Жизнь на Земле продолжается уже около 4 млрд лет, не прерываясь именно потому, что она протекает в системе биологических круговоротов вещества. Основу этого составляет фотосинтез растений и пищевые связи организмов в биоценозах.

Однако биологический круговорот вещества требует постоянных затрат энергии.

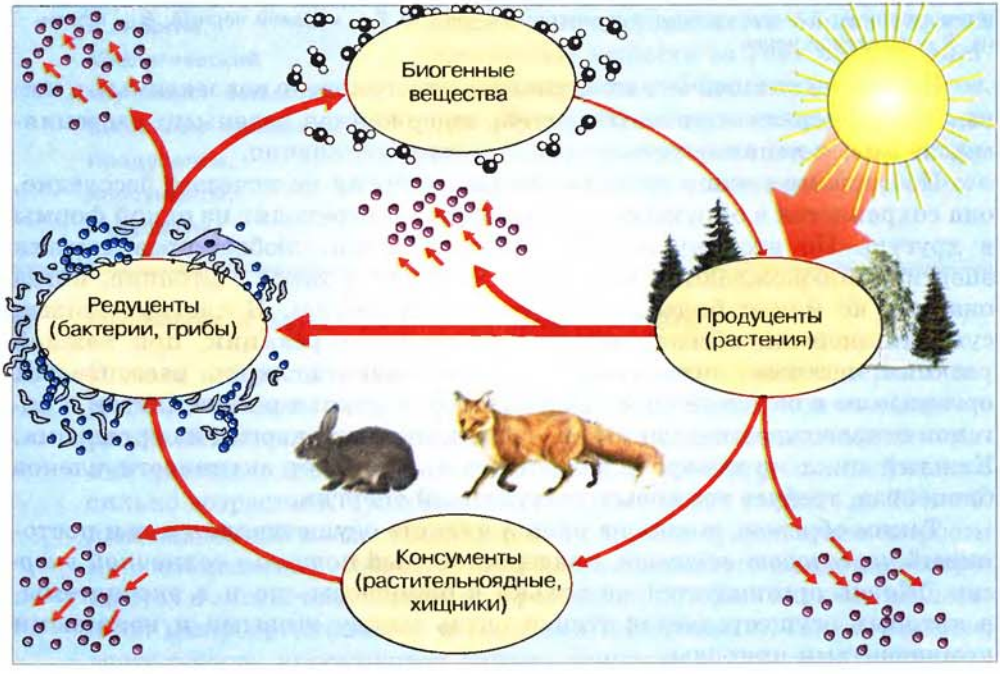


Рис. 67.
Необходимые компоненты экосистемы

Рис. 68.
Разрушители мертвой древесины: *1* и *1а* — бронзовка и ее личинка; *2* и *2а* — жук-олень и его личинка; *3* и *3а* — большой дубовый усач и его личинка; *4* и *4а* — древоточец пахучий и его гусеница; *5* — жук красный плоскотел; *6* — кивсяк; *7* — муравей черный; *8* — мокрица; *9* — дождевой червь

В отличие от химических элементов, многократно вовлекаемых в живые тела, энергия солнечных лучей, задержанная зелеными растениями, не может использоваться организмами бесконечно.

По первому закону термодинамики, энергия не исчезает бесследно, она сохраняется в окружающем нас мире, но переходит из одной формы в другую. По второму закону термодинамики, любые превращения энергии сопровождаются переходом части ее в такое состояние, когда она уже не может быть использована для работы. В клетках живых существ энергия, обеспечивающая химические реакции, при каждой реакции частично превращается в тепловую, а тепло рассеивается организмом в окружающем пространстве. Сложная работа клеток и органов сопровождается, таким образом, потерями энергии из организма. Каждый цикл круговорота веществ, зависящий от активности членов биоценоза, требует все новых поступлений энергии.

Таким образом, жизнь на нашей планете осуществляется как постоянный *круговорот веществ*, поддерживаемый *потоком солнечной энергии*. Жизнь организуется не только в биоценозы, но и в экосистемы, в которых осуществляется тесная связь между живыми и неживыми компонентами природы.

Разнообразие экосистем на Земле связано как с разнообразием живых организмов, так и условий физической, географической среды. Тун-

дровые, лесные, степные, пустынные или тропические сообщества имеют свои особенности биологических круговоротов и связей с окружающей средой. Водные экосистемы также чрезвычайно различны. Экосистемы отличаются по скорости биологических круговоротов и по общему количеству вовлекаемого в эти циклы вещества.

Основной принцип устойчивости экосистем — круговорот вещества, поддерживаемый потоком энергии, — по сути дела обеспечивает бесконечное существование жизни на Земле.

По этому принципу могут быть организованы и устойчивые искусственные экосистемы, и производственные технологии, в которых сберегается вода или другие ресурсы. Нарушение согласованной деятельности организмов в биоценозах обычно влечет за собой серьезные изменения круговоротов вещества в экосистемах. Это главная причина таких экологических катастроф, как падение почвенного плодородия, снижение урожая растений, роста и продуктивности животных, постепенное разрушение природной среды.

- **Экосистема. Потоки вещества и энергии. Биологический круговорот веществ. Биогенные элементы. Продуценты. Консументы. Редуценты.**

- **Экосистемы формируются из биоценозов и их неживого окружения. В них возникает и поддерживается биологический круговорот веществ за счет взаимодействия между запасом биогенных элементов, продуцентами, консументами и редуцентами. Для поддержания экосистем и круговорота веществ в них необходим поток энергии.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. В лесах все растительноядные организмы (консументы первого порядка) в среднем используют около 10—12% ежегодного прироста растений. Остальное перерабатывается редуцентами после отмирания листвы и древесины. В степных экосистемах роль консументов сильно возрастает. Травоядные животные могут съедать до 70% общей надземной массы растений, не подрывая существенно скорости их возобновления. Значительная часть съеденного вещества возвращается в экосистему в виде экскрементов, которые активно разлагаются микроорганизмами и мелкими животными. Таким образом, деятельность консументов сильно ускоряет круговорот веществ в степях. Накопление мертвого растительного опада в экосистемах — показатель замедления скорости биологического круговорота.

2. Почва играет в наземных экосистемах прежде всего роль накопителя и резерва тех ресурсов, которые необходимы для жизни биоценоза. Экосистемы, которые не имеют почв, — водные, наскальные, на отмелях и отвалах — очень неустойчивы. Круговорот веществ в них легко прерывается и трудно возобновляется.
В почвах наиболее ценная часть — гумус — сложное вещество, которое образуется из мертвой органики в результате деятельности многочисленных организмов. Гумус обеспечивает долговременное и надежное питание растений, так как разлагается очень медленно и постепенно, освобождая биогенные элементы. Почвы с большим запасом гумуса отличаются высоким плодородием, а экосистемы — устойчивостью.

3. Неустойчивые экосистемы, в которых не сбалансирован круговорот вещества, легко наблюдать на примере зарастания прудов или мелких озер. В таких водоемах, особенно если в них смываются с окружающих полей удобрения, бурно развиваются и прибрежная растительность, и различные водоросли. Растения не успевают перерабатываться водными обитателями и, отмирая, образуют на дне слои торфа. Озеро мелеет и постепенно прекращает свое существование, превращаясь сначала в болото, а затем — в сырой луг. Если водоем небольшой, такие изменения могут протекать достаточно быстро, за несколько лет.

4. Моря представляют собой также гигантские сложные экосистемы. Несмотря на огромную глубину, они заселены жизнью до самого дна. В морях происходит постоянная циркуляция водных масс, возникают течения, у побережья действуют приливы и отливы.
Солнечный свет проникает лишь в поверхностные слои воды, ниже 200 м фотосинтез водорослей невозможен. Поэтому на глубинах живут лишь гетеротрофные организмы — животные и бактерии. Таким образом, деятельность продуцентов и основной массы редуцентов и консументов сильно разобщена в пространстве. Мертвое органическое вещество в конце концов опускается на дно, но высвобождающиеся минеральные элементы возвращаются в верхние слои только в тех местах, где существуют сильные восходящие течения. В центральной части океанов размножение водорослей резко ограничивается недостатком биогенных элементов, и «урожайность» океана в этих районах такая же низкая, как в самых сухих пустынях.

❑ **Вопросы. 1.** Перечислите возможно более полно состав редуцентов в лесной экосистеме. **2.** Как проявляется круговорот веществ в аквариуме? Насколько он замкнут? Как сделать его устойчивее? **3.** В степном заповеднике на участке, полностью огражденном от травоядных млекопитающих, урожай трав составил 5,2 ц/га, а на выпасаемом участке — 5,9. Почему устранение консументов понизи-

ло продукцию растений? **4.** Почему снижается плодородие почвенного покрова Земли, если вещества, изъятые человеком в виде урожая с полей, все равно рано или поздно в переработанном виде вновь возвращаются в окружающую среду?

❑ **Задание.** Сравните ежегодный прирост зеленой массы и запасы мертвых растительных остатков (подстилки — в лесах, ветоши — в степях) в разных экосистемах. Определите, в каких экосистемах круговорот веществ более интенсивен.

Экосистемы	Прирост, ц/га	Подстилка, ветошь
Арктические тундры	2	35
Ельники средней тайги	30	450
Дубравы	40	150
Степи	45	62
Пустыни саксауловые	10	—
Влажные тропические леса	165	20
Сфагновые болота	23	1000 и более

❑ **Темы для дискуссий. 1.** В окрестностях дымящих промышленных предприятий в лесах стала накапливаться подстилка. Почему это происходит и какие прогнозы можно высказать о будущем этого леса? **2.** Возможно ли существование экосистем, в которых живая часть представлена только двумя группами — продуцентами и редуцентами? **3.** В прошлые эпохи в ряде районов Земли возникли большие запасы каменного угля. Что можно сказать об основных чертах экосистем, в которых это происходило? **4.** В сложных экосистемах дождевых тропических лесов почва очень бедна биогенными элементами. Как это объяснить? Почему тропические леса не восстанавливаются в прежнем виде, если их свести? **5.** Какой должна быть экосистема космического корабля для полетов на долгие годы?

ВСПОМНИТЕ

Энергия

Переход энергии из одного состояния в другое

Масса

Незаменимые аминокислоты

§ 17. Законы биологической продуктивности

Сети питания в биоценозах на самом деле состоят из множества коротких рядов, в которых организмы передают друг другу вещество и энергию, сконцентрированные зелеными растениями. Такие ряды, в которых каждый предыдущий вид служит пищей последующему, называют *цепями питания* (рис. 70). Отдельные звенья цепей питания называют *трофическими уровнями.*

Цепи питания всегда начинаются с растений или их остатков, прошедших через кишечники животных. Это первый трофический уровень. Их потребители представляют второй трофический уровень и т. д.

Примерами цепей питания могут служить ряды: растения — гусеницы — насекомоядные птицы — хищные птицы; растительный опад — дождевые черви — землеройки — горностаи; коровий помет — личинки мух — скворцы — ястребы-перепелятники.

Многие виды могут входить в разные цепи питания. Например, медведи питаются и животной, и растительной пищей, и падалью. Различают цепи выедания (начинаются с живых растений) и цепи разложения (начинаются с мертвого растительного опада или помета животных). Цепи питания в природе сложно переплетены.

В конкретных цепях питания можно проследить и рассчитать передачу той энергии, которая заключается в растительной пище. Растения связывают в ходе фотосинтеза в среднем лишь около 1% энергии света. Животное, съевшее растение, получает запасенную им энергию не полностью. Часть пищи не переваривается и выделяется в виде экскрементов. Обычно усваивается от 20 до 60% растительного корма. Усвоенная энергия идет на поддержание жизнедеятельности животного. Работа клеток и органов сопровождается выделением тепла, поэтому значительная доля энергии пищи вскоре рассеивается в окружающее пространст-

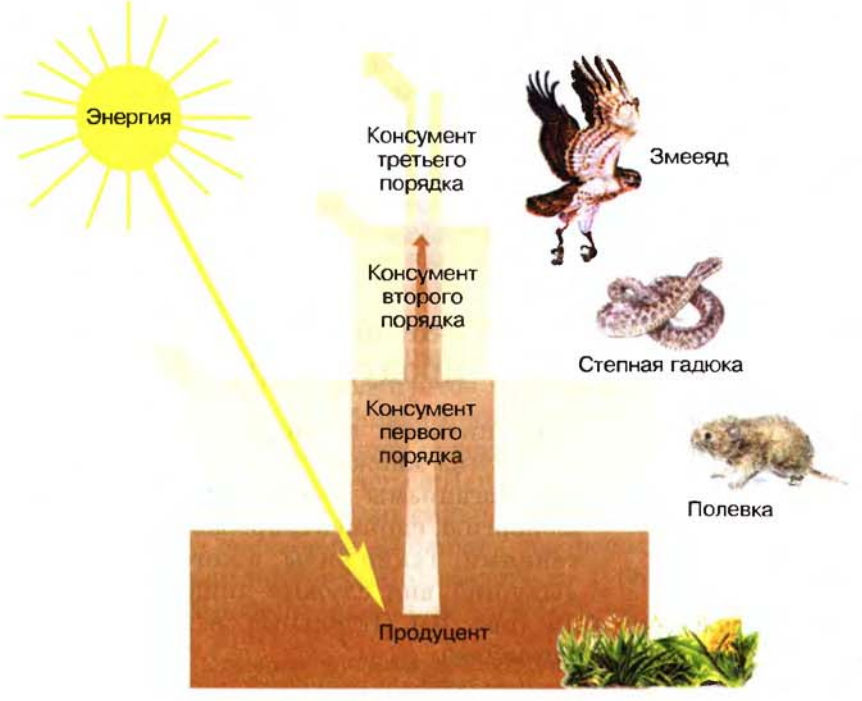


Рис. 69.
Пирамида продукции и поток энергии в экосистемах

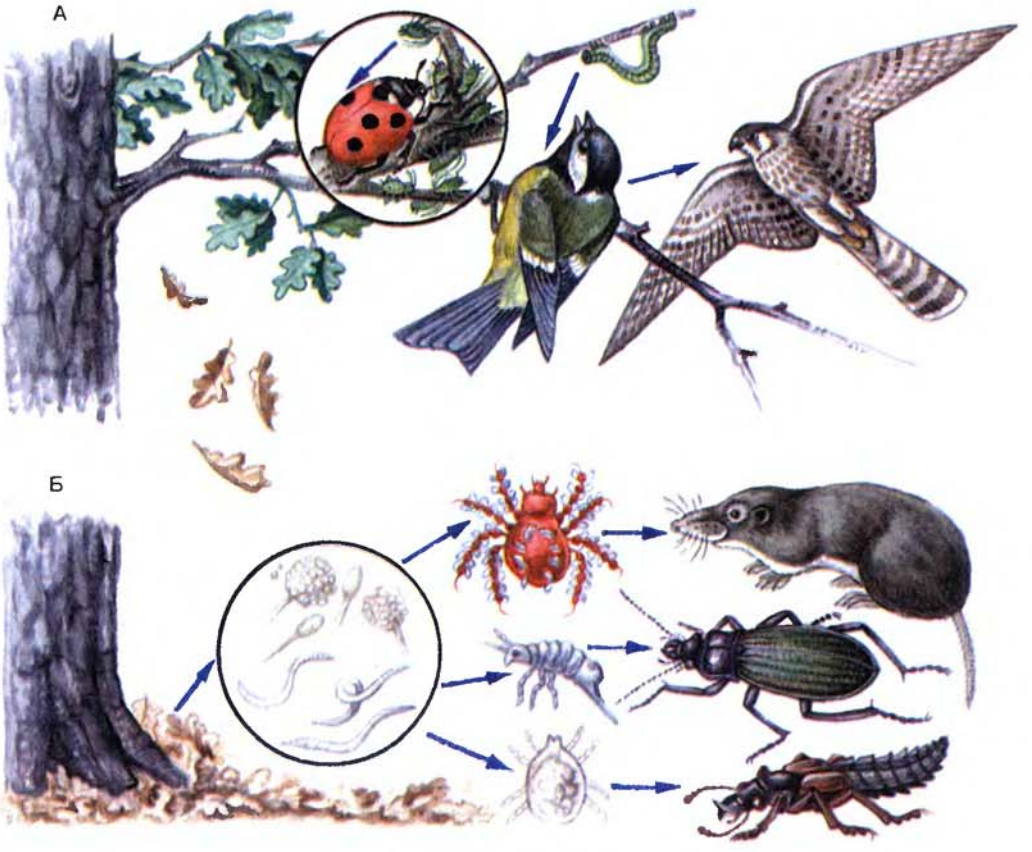


Рис. 70.
Примеры наземных цепей питания: *А* — цепи выедания; *Б* — цепи разложения

во. Лишь небольшая часть усвоенной пищи идет на рост, т. е. на построение новых тканей, на запасы в виде отложения жиров. У молодых эта доля несколько больше, чем у взрослых.

Следовательно, уже на первом этапе происходит значительная потеря энергии из пищевой цепи. Хищник, съевший растительноядное животное, представляет третий трофический уровень. Он получает только ту энергию из накопленной растением, которая задержалась в теле его жертвы в виде прироста.

Подсчитано, что на каждом этапе передачи вещества и энергии по пищевой цепи теряется примерно 90%, и только около одной десятой доли переходит к очередному потребителю. Это правило передачи энергии в пищевых связях организмов называют ***правилом десяти процентов.***

Представителям четвертого трофического уровня (например, хищнику, поедающему другого хищника) достанется только около одной тысячной доли той энергии, усвоенной растением, с которого начиналась пищевая цепь. Поэтому отдельные цепи питания в природе не могут иметь слишком много звеньев, энергия в них быстро иссякает.

Органическое вещество, создаваемое в экосистемах в единицу времени (год, месяц и т. п.), называют *биологической продукцией*. Масса тела живых организмов называется *биомассой*. Биологическая продукция экосистем — это скорость создания в них биомассы.

Продукцию растений называют *первичной*, продукцию животных или других консументов — *вторичной*, потому что она создается за счет энергии, связанной растениями. Понятно, что вторичная продукция не может быть больше первичной или даже равной ей.

Если оценить продукцию в последовательных трофических уровнях в любом биоценозе, мы получим убывающий ряд чисел, каждое из которых примерно в 10 раз меньше предыдущего. Этот ряд можно выразить графически в виде пирамиды с широким основанием и узкой вершиной (рис. 69). Поэтому закономерности создания биомассы в цепях питания экологи называют *правилом пирамиды биологической продукции*.

Например, вес всех трав, выросших за год в степи, значительно больше, чем годовой прирост всех растительноядных животных, а прирост хищников меньше, чем растительноядных.

Из правила пирамиды биологической продукции нет исключений, потому что оно отражает законы передачи энергии в цепях питания.

Соотношение биомасс может быть различным, потому что биомасса — это просто запас имеющихся в данный момент организмов. Например, в океанах (рис. 71) одноклеточные водоросли делятся с большой скоростью и дают очень высокую продукцию. Однако их общее количество меняется мало, потому что с неменьшей скоростью их поедают различные фильтраторы. Образно говоря, водоросли еле успевают размножаться, чтобы выжить. Рыбы, головоногие моллюски, крупные ракообразные растут и размножаются медленнее, но еще медленнее поедаются врагами, поэтому их биомасса накапливается. Если взвесить все водоросли и всех животных океана, то последние перевесят. *Пирамида биомасс* в океане оказывается, таким образом, перевернутой. В наземных экосистемах скорость выедания растительного прироста ниже и пирамида биомасс в большинстве случаев напоминает пирамиду продукции.

Среднее значение первичной продукции по всему земному шару составляет около 3 т сухого вещества на 1 га в год. В большинстве типов экосистем разные ограничивающие факторы снижают возможности фотосинтеза. Наименее продуктивны экосистемы жарких и холодных пустынь и центральных частей океанов (рис. 72). Среднюю продукцию да-

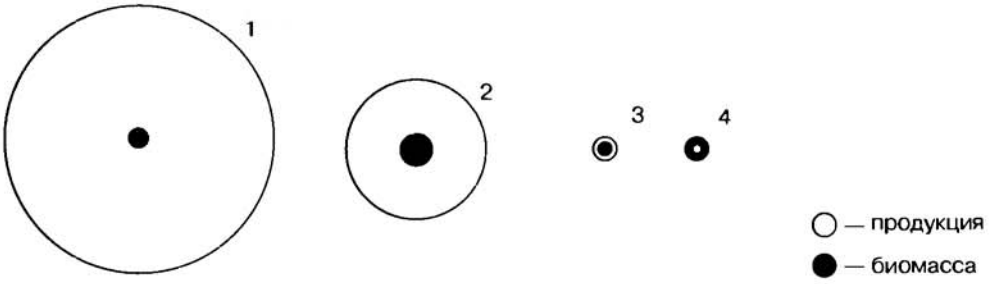


Рис. 71.
Соотношение продукции и биомассы разных групп организмов в океане: *1* – бактерии; *2* — фитопланктон; *3* — зоопланктон; *4* — рыбы

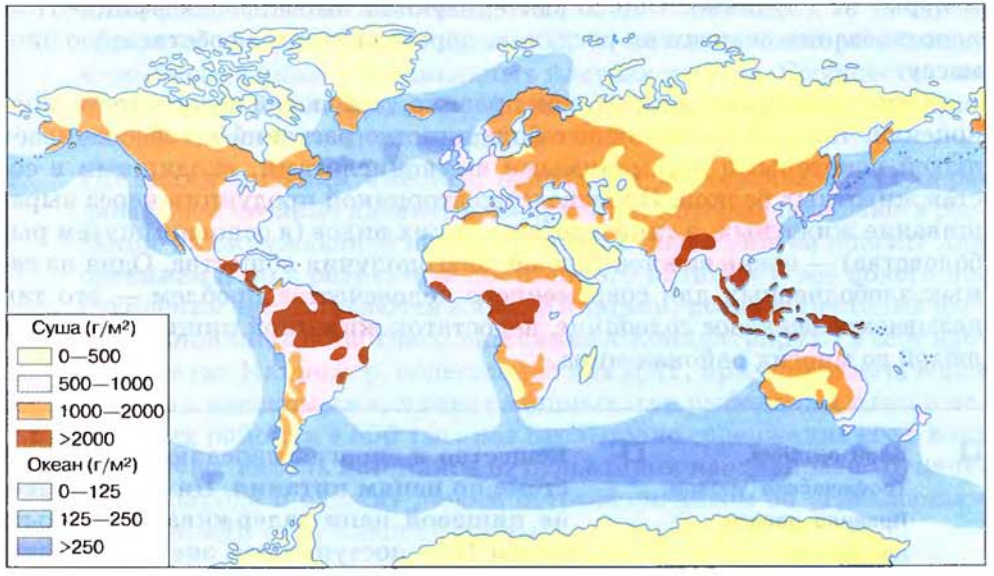


Рис. 72.
Первичная продуктивность Мирового океана и суши

ют леса умеренного климата, луга и степи. Самый высокий прирост растительной массы — в тропических лесах, в травянистых зарослях устьев рек в жарких районах, на коралловых рифах в океане.

Продуктивность сельскохозяйственных угодий обычно несколько ниже, чем природных экосистем в той же зоне. Поля часть года пустуют, и на них обычно выращивают всего один какой-либо вид, который не в состоянии полностью использовать все имеющиеся ресурсы. Однако при интенсивном земледелии продуктивность полей может приближаться к максимальной, хотя человеку приходится вкладывать в это много дополнительных средств.

Знание законов биологической продуктивности и потерь энергии в цепях питания имеет большое практическое значение. На их основе можно сознательно и грамотно строить хозяйственную деятельность таким образом, чтобы не подрывать воспроизводительные способности природных и антропогенных систем и получать возможно большую первичную и вторичную продукцию.

Для человека энергетически выгоднее растительное питание, а наиболее дорого — использование в пищу хищных видов. Так, по энергии, затраченной на рост, 1 кг окуня или щуки обходится природе в 7 раз дороже, чем 1 кг говяжьего мяса. Поэтому плотоядные животные разводятся людьми в редких случаях, например в пушном звероводстве. Широкое одомашнивание нашими предками таких видов, как свиньи и куры, не случайно. Они характеризуются высоким коэффициентом использования энергии на рост, т. е. перевода пищи в собственную биомассу.

Одна растительная пища, как правило, для людей недостаточно полноценна, так как подавляющее большинство растений не обеспечивает людей некоторыми незаменимыми аминокислотами, входящими в состав животных белков. Производство вторичной продукции через выращивание животных, а также добыча диких видов (в основном путем рыболовства) — очень важное условие благополучия общества. Одна из самых злободневных для современного человечества проблем — это так называемое *белковое голодание*, недостаток животной пищи в рационах людей во многих районах мира.

- **Цепи питания. Трофические уровни. Правило десяти процентов. Биологическая продукция. Биомасса. Пирамида биологической продукции. Белковое голодание.**

- **Вещество и энергия передаются в экосистеме по цепям питания. На каждом звене пищевой цепи задерживается только около 10% поступившей энергии. Траты энергии в пищевых цепях отражаются в пирамиде биологической продукции.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Кроме растений, органическое вещество из неорганического создают на Земле некоторые бактерии. Они получают энергию не за счет

солнечного света, а за счет химического превращения одних неорганических соединений в другие. Поэтому они называются хемосинтезирующими бактериями.

Недавно на дне океанов были открыты такие удивительные экосистемы, где все пищевые цепи начинаются с подобных бактерий. Эти экосистемы возникают на глубине возле выходов из недр горячей воды, богатой минеральными соединениями. Бактерии используют в качестве источника энергии в основном сероводород, а для построения органического вещества растворенный в воде диоксид углерода (углекислый газ). Бактериями питаются многочисленные животные, большинство из которых ранее было совсем неизвестно. Из таких сообществ описано уже несколько сотен новых видов и даже новые классы животных. В их числе огромные, до 2 м, червеобразные формы без кишечников, у которых бактерии живут в симбиозе с ними в специальных клетках их тела. Сообщества эти существуют в условиях полной темноты и не нуждаются в веществах растительного происхождения.

2. По цепям питания вместе с веществом и энергией могут передаваться и стойкие ядовитые соединения, которые попадают в растения из окружающей среды. В малых дозах они не опасны для организма, но в результате постоянного питания и все нового поступления накапливаются в них. Хищники, поедающие таких растительноядных животных, еще сильнее концентрируют в себе ядохимикаты. Например, содержание яда ДДТ, применявшегося для борьбы с насекомыми, в телах хищных или рыбоядных птиц в некоторых районах в 500 тыс. раз превышало содержание его в воде или почве. Гибель хищников от отравления неоднократно отмечена в природе и служит людям острым сигналом об угрожающем загрязнении окружающей среды.

3. В цепи питания переходит далеко не вся продукция фотосинтеза. Часть созданного органического вещества расходуется при обмене веществ самого растения, расщепляясь в ходе дыхания на углекислый газ и воду. Эта часть составляет обычно 20—50, а иногда и 70%. Общая скорость фотосинтеза называется *валовой первичной продукцией*. Ту ее часть, которая не тратится растением, а идет на его рост, называют *чистой биологической продукцией*.

4. Первичную биологическую продукцию экосистем ограничивают или климатические факторы (недостаток тепла, влаги), или нехватка биогенных элементов. Примеры продуктивности различных экосистем (в граммах сухого вещества на квадратный метр площади за сутки):

меньше 1 г — пустыни и глубокие моря;

1—3 г — луга, горные леса, пашни, мелкие моря, глубокие озера;
3—10 г — степи, мелкие озера, леса умеренной полосы, орошаемые поля;
10—25 г — коралловые рифы, заросли папируса, тропические леса, интенсивно возделываемые культуры на полях.

5. Экологи в шутку подсчитали, что для того, чтобы прокормить в течение года одного мальчика весом в 45 кг, достаточно четырех с половиной телят общим весом в 1035 кг, а для них — 20 млн растений люцерны с биомассой 8,2 т.
Энергия, заключенная в такой массе люцерны, составляет 14,9 млн калорий, в телятах содержится 1,19 млн калорий, а в мальчике остается из этого количества 8300 (мальчик ест мясо, но не кости, шкуру или шерсть, которые также содержат связанную энергию).

6. Разработана технология переработки отходов промышленного животноводства по принципу разворачивания в пространстве пищевой цепи. Навоз животных смывается в водоемы-отстойники. Из них взвесь дозированно подается в пруд-разбавитель, где в массе развиваются одноклеточные водоросли. Водоем «цветет». Отсюда вода вместе с водорослями периодически подается в другой, «рачковый» пруд, где многочисленные дафнии и другие рачки интенсивно фильтруют воду, отцеживая водоросли. В третьем пруду на рачках выращиваются мальки рыб. Здесь очистка воды обитателями пруда доводится до такого состояния, что ее можно вновь использовать на фермах. В результате такой переработки навоза хозяйства получают рыбную продукцию и часть продукции мелких рачков на белковый корм скоту.

❑ **Вопросы. 1.** Приведите примеры цепей питания, начинающихся с мертвых растительных остатков, с одноклеточных водорослей, с наземных растений и заканчивающихся человеком. **2.** Чем понятие биологической продукции отличается от понятия биомассы? **3.** В рыбном хозяйстве широко разводят форелей, карпов и толстолобиков. Какие из этих рыб обходятся, с энергетической точки зрения, дешевле, если форели питаются в природе в основном личинками водных насекомых, толстолобики — преимущественно фитопланктоном и водными растениями, а карпы имеют смешанный характер питания? **4.** Назовите животных, которые могут занимать только строго определенное место в цепях питания.

❑ **Задания. 1.** Рассчитайте коэффициент полезного действия при передаче энергии в каждом звене пищевой цепи из примера 5. Какое количество солнечной энергии (в калориях) нужно для поддержания жизни мальчика, если учесть, что КПД продукции люцерны составляет в данном случае 0,24%? **2.** Рассчитайте эффективность (КПД) передачи энергии в основных звеньях пищевой цепи в океане,

исходя из следующих цифр. На 1 м² поверхности океана приходится в среднем около 3 млн калорий солнечной энергии в сутки. Продукция диатомовых водорослей за этот же период на эту же площадь составляет 9000 калорий, зоопланктона — 4000, рыб — 5 калорий в сутки.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Предложите разные принципиальные пути повышения урожайности сельскохозяйственных растений, возможные с экологической точки зрения. **2.** Многие люди увлекаются вегетарианством. Необходим ли такой путь для всего человечества, если учесть рост населения на Земле? В чем преимущества и недостатки ограничения рациона людей только растительной пищей? **3.** Какие места в цепях питания занимает человек? Приведите примеры. **4.** Если можно получать высокие урожаи на полях, стоит ли беспокоиться о снижении продуктивности дикой природы?

ВСПОМНИТЕ

Удобрения минеральные и органические
Культурные растения
Пестициды
Севообороты

§ 18. Агроценозы и агроэкосистемы

Агроценозы. Биоценозы, которые возникают на землях сельскохозяйственного пользования, называют *агроценозами* (рис. 73). Они отличаются от природных сообществ, во-первых, пониженным разнообразием входящих в них видов и, во-вторых, пониженной способностью главного члена этих сообществ — культурных растений — противостоять конкурентам и вредителям. Культурные виды так сильно изменены селекцией в пользу человека, что без его поддержки не могут выдержать борьбу за существование.

Агроценозы поддерживаются человеком посредством больших затрат энергии (мускульной энергии людей и животных, работы сельскохозяйственных машин, связанной энергии удобрений, затрат на дополнительный полив и т. п.). Природные биоценозы таких дополнительных вложений энергии не получают.

На полях обычно выращивают какой-либо один вид растений. С хозяйственной точки зрения идеальный агроценоз должен был бы состоять из этого единственного вида, а идеальная пищевая цепь всего из двух звеньев: растение — человек или растение — домашние животные. Но такая система в природе невозможна. Она неустойчива. На полях после вспашки целины быстро формируются довольно разнообразные сообщества из видов, способных выжить в условиях постоянного антропогенного воздействия на поля. Формируются цепи питания из трех-четырех звеньев, возникают конкурентные взаимодействия и другие типы отношений между видами.

Например, в полях на растениях пшеницы обнаруживается в среднем около 300 видов одних только членистоногих. Кроме них, здесь обитают грызуны, птицы, богат мир почвенных беспозвоночных животных, разнообразных грибов, бактерий, развивается довольно много видов сорных растений. Таким образом, в агроценозах взаимодействуют сотни и даже тысячи видов, хотя это разнообразие значительно меньше, чем в большинстве природных сообществ (рис. 74).

В борьбе человека с сорняками и вредителями культурных растений постоянно возникает экологический *эффект бумеранга*. В современном сельском хозяйстве в изобилии применяют разнообразные химические средства защиты растений — пестициды. Большинство пестицидов не обладает избирательным действием и подавляет не только те виды, против которых применяется, но и их паразитов и хищников. Таким образом нарушаются возникающие в агроценозах регуляторные связи. Хищники и паразиты, занимая более высокие уровни в цепях питания, более чувствительны к ядам, чем те виды, которыми они питаются. Оставшаяся часть вредителей, освобожденная от регуляторов, дает новую, еще более высокую вспышку численности.

> *Из этого экологического тупика есть только один выход — не предельное упрощение агроценозов, а регуляция в них численности отдельных видов. Так, если в возникающей цепи питания: растение — растительноядное насекомое — паразит усилить последнее звено, то это также приведет к сохранению урожая.*

Специальное использование живых организмов — хищных или паразитических насекомых, насекомоядных или хищных птиц, бактерий, вирусов и т. д. — для подавления численности вредителей называют *биологическим методом борьбы.*

Устойчивую регуляцию численности отдельных видов может осуществить только сложное сообщество. Если оно развивается на полях, то при этом общая продукция культурных растений несколько понижается, так как часть ее идет в цепи питания, но зато достигается стабильность урожая, уменьшается опасность потерять много из-за массового размножения вредителей. Поэтому одно из самых современных направлений в сельскохозяйственной практике — поддержание как можно большего видового богатства и на полях, и в их окружении. В агроценозах человек должен стремиться также сохранять разнообразие почвенных организмов, ответственных за почвообразовательные процессы и поддержание почвенного плодородия.

Другая группа причин, определяющая неустойчивость агроценозов, связана с тем, что из-за постоянного изъятия урожая человеком они не в состоянии более или менее полно поддерживать круговорот веществ. Все знают, как быстро истощается почва на полях и огородах, если люди

не возвращают в нее биогенные элементы в виде минеральных или органических удобрений.

Поддерживать устойчивый биологический круговорот веществ на землях сельскохозяйственного пользования можно при экологически грамотном создании агроэкосистем.

Агроэкосистемы. *Агроэкосистемы* — это такие сознательно спланированные человеком территории, на которых сбалансировано получение сельскохозяйственной продукции и возврат ее составляющих на поля. В правильно спланированные агроэкосистемы, кроме пашен, входят пастбища или луга и животноводческие комплексы. Элементы питания растений, изъятые с полей вместе с урожаем, возвращаются в систему

Рис. 73.
Культурные растения в агроценозах

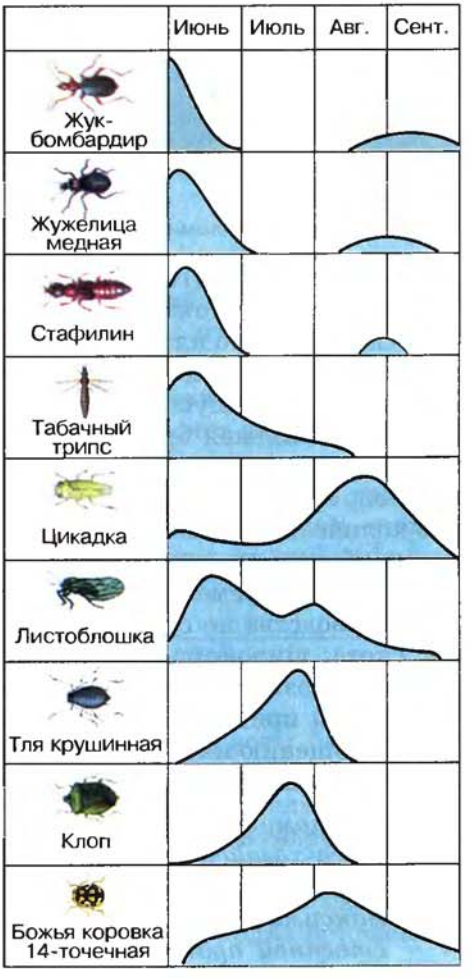


Рис. 74.
Виды насекомых, встречающиеся на картофельном поле, и их численность

Рис. 75.
Поля, разделенные живыми изгородями

биологического круговорота вместе с органическими и минеральными удобрениями. Высокое биологическое разнообразие поддерживается за счет специального планирования ландшафта: чередование полей, лугов, лесов, перелесков, создание живых изгородей (рис. 75), лесополос, водоемов и т. п. Большую роль в поддержании разнообразия видов на полях играет правильная организация севооборотов, чередование культур не только во времени, но и в пространстве.

Человек управляет работой агроэкосистем, внося в них значительное количество дополнительной энергии (обработка почвы, полив, удобрения, пестициды и т. п.).

Многие современные способы промышленного сельскохозяйственного производства по сути дела антиэкологичны: монокультуры, перевыпас скота, широкомасштабное применение ядохимикатов и чрезмерно высокие дозы минеральных удобрений, сплошная распашка почв и т. д. Они приводят к нарушениям нормальной деятельности экосистем, упрощению их структуры, неустойчивости и катастрофическим изменениям в природе.

Поэтому наиболее передовым направлением современного сельского хозяйства является переход от принципов противоборства с природой к принципам сотрудничества с нею. Это означает максимальное следование экологическим законам в сельскохозяйственной практике.

Рис. 76.
Работа сельскохозяйственных машин на поле

- **Агроценозы. Биологический метод борьбы. Агроэкосистемы.**

- **В агроценозах ослаблены естественные регуляторные связи и понижена конкурентоспособность культурных растений. Агроценозы неустойчивы и поддерживаются человеком за счет затрат дополнительной энергии. Поддержание видового разнообразия и биологического круговорота веществ в агроэкосистемах — главные пути повышения их устойчивости и продуктивности.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. На первых этапах развития земледелия агроценозы были более устойчивы, чем современные. Пашни занимали сравнительно небольшие площади в окружении естественной растительности. Был богат мир животных-регуляторов и опылителей. Культурные растения не были чистыми сортами и представляли смесь разных по наследственным качествам форм. В засушливые годы выживали одни формы, во влажные — другие. Сорняки на полях привлекали

разнообразных насекомых. Существовала система связей, близких к природным. Такие агроценозы давали относительно невысокие, но надежные урожаи, и вспышки численности вредителей в них были редкими.

С развитием интенсивного товарного земледелия урожайность полей возросла, но устойчивость и запасы прочности экосистем резко понизились. Еще более 100 лет назад был сформулирован закон убывающего плодородия, по которому сельскохозяйственное производство непременно ведет к истощению и деградации почв. С развитием экологии стало понятно, что приостановить действие этого закона может только планирование сельскохозяйственного производства на экосистемных принципах.

2. При невысокой численности сорняки на полях приносят и немалую пользу. Они накапливают не усвоенные культурными растениями элементы питания, сохраняют их от вымывания, а затем, разлагаясь, удобряют почву. Сорные растения защищают почву от эрозии, привлекают разнообразные виды насекомых, активизируют деятельность почвенных микроорганизмов корневыми выделениями. Многие сорняки — хорошие медоносы и лекарственные виды. Они могут также служить дополнительным источником питания для домашних животных.

   Таким образом, польза или вред от вида в агроценозе зависит от его относительной численности и степени влияния на культурные растения. Абсолютно вредных или полезных видов в природе не существует.

3. Преимуществом биологических методов борьбы с вредителями является их избирательное действие лишь на определенные, нежелательные в агроценозе виды. В результате отпадает необходимость в ядохимикатах, предотвращается загрязнение среды и сохраняется полезная фауна — опылители, хищники и паразиты. При использовании биометода практикуются ввоз и акклиматизация новых хищников и паразитов-вредителей, создание условий, способствующих размножению местных видов, а также искусственное разведение и выпуск в сады и на поля наиболее эффективных врагов вредных насекомых (рис. 77). Например, в нашей стране специально разводят мелких перепончатокрылых — трихограмм, личинки которых паразитируют в яйцах других насекомых. Трихограмм успешно использовали в борьбе против бабочки озимой совки — опасного вредителя полевых культур.

4. Листогрызущие насекомые в небольшом количестве полезны культурным растениям. Их деятельность осветляет полог листьев и улучшает световой режим для фотосинтеза. При невысокой доле

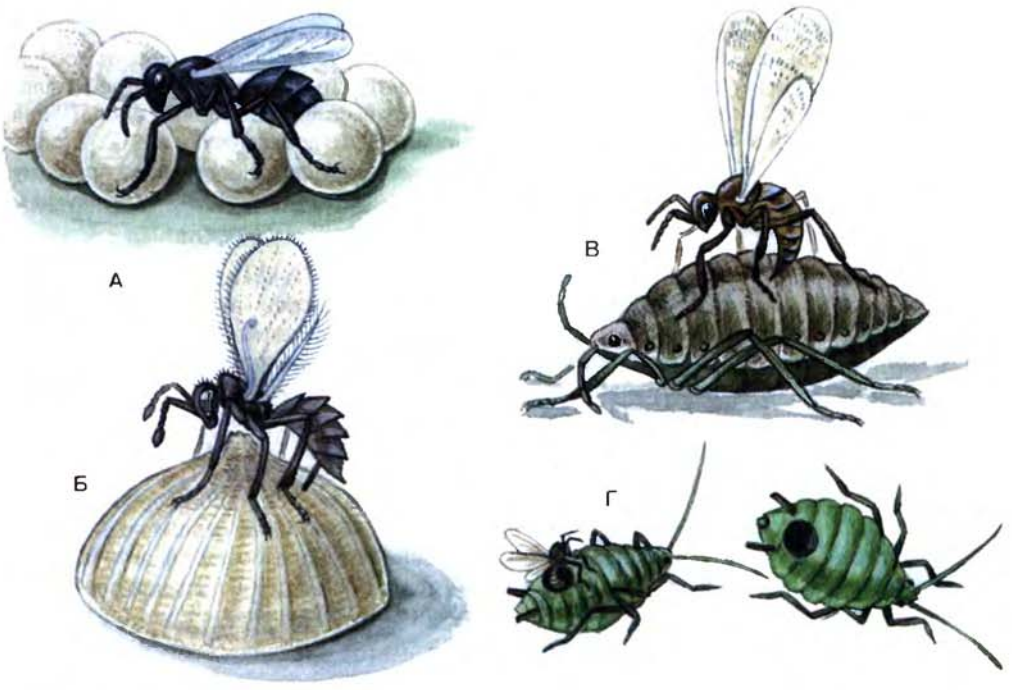


Рис. 77.
Наездники и яйцееды — помощники человека в борьбе с вредителями сельского хозяйства: *А, Б* — самки яйцеедов на яйцах насекомого-хозяина; *В* — наездник на тле; *Г* — погибшие тли после развития в них наездников

повреждений растения быстро отращивают съеденную листву без потерь общей урожайности. Виды насекомых, потребляющих культурные растения, считаются вредителями, когда превышают определенный уровень численности и их деятельность начинает снижать урожай. Этот уровень называют «порогом вредоносности». Если вид не достигает порога вредоносности, он не считается вредителем и борьбу с ним не проводят.

5. Культурные растения сильно различаются по устойчивости к засорению. Количество сорняков, губительное для одного вида, почти не вредит другому. Если принять урожай в чистом посеве за единицу, то на сильно засоренных участках он составит для пшеницы 0,75, для картофеля — 0,65, кукурузы — 0,56, льна — 0,42, сахарной свеклы — 0,23, хлопчатника — 0,12. Таким образом, пшеница — наиболее устойчивая к засорению культура. При покрытии 10—15% почвы сорняками затраты на химическую прополку на полях пшеницы обычно не окупаются прибавкой урожая и можно избежать применения ядохимикатов.

❑ **Вопросы. 1.** Поля хлопчатника сильно страдают от тлей, которые размножаются в гигантских количествах. Однако на тех полях, к которым примыкают посевы медоносов или залежи и пустоши, богатые цветущими растениями, тлей мало. Объясните возможные причины этого явления. Какие выводы можно сделать для предотвращения избыточных химических обработок хлопковых полей? **2.** В опытах с выращиванием ячменя присутствие в почве дождевых червей дало прибавку урожая 54%. Какие связи возникают в агроценозах между дождевыми червями и культурными растениями?

❑ **Задания. 1.** Начертите схемы 3—4 пищевых цепей, начинающихся в агроценозе с растений пшеницы. **2.** В садах одного из районов средней полосы обнаружено 146 видов паразитов тех насекомых, которые могут причинять вред плодовым деревьям. Большинство их паразитирует и на других, дополнительных хозяевах, живущих на разных растениях. Таких дополнительных хозяев обнаружено на черемухе 16 видов, тополе — 14, дубе — 13, боярышнике — 9, липе — 8, березе — 7 и т. д. Какие предложения для повышения устойчивости садов к поражению вредителями можно внести исходя из этих исследований? **3.** Пара грачей приносит птенцам за сутки 40—45 г насекомых, что составляет около 1000 особей разных видов. Птенцов выкармливают 29—30 дней. Подсчитайте, на сколько одна колония грачей в 200 гнезд за период выкармливания птенцов может снизить численность вредных саранчовых в радиусе 3 км от колонии, если начальная плотность популяций саранчи — 1 особь на 1 м^2. Принять, что в данном районе грачи питаются преимущественно этими насекомыми.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Усиление регуляторных способностей агроценозов влечет за собой некоторое снижение урожайности. Можем ли мы пойти на это, если рост численности населения требует увеличения сельскохозяйственной продукции? **2.** Можно ли полностью отказаться от химических мер борьбы с вредителями и перейти на биометод? **3.** Почему культурные растения не могут расти в природных сообществах или, «одичав», теряют свои сортовые качества? **4.** Один из передовых методов современной агрономии — выращивание сортосмесей или подбор разных видов на одном поле. Что это дает с экологической точки зрения? **5.** Совместимы ли высокая устойчивость и высокая продуктивность агроэкосистем?

ВСПОМНИТЕ

Автотрофы
Гетеротрофы
Регуляторные связи

§ 19. Саморазвитие экосистем — сукцессии

В природе существуют как стабильные, так и нестабильные экосистемы. Дубрава, ковыльная степь, ельники темнохвойной тайги — это примеры длительно существующих, устойчивых экосистем. Пустоши, сырые луга, мелкие водоемы, если их предоставить самим себе, быстро изменяются. Они постепенно зарастают другой растительностью, заселяются другими животными и превращаются в экосистемы иного типа. На месте болота вырастает лес, на заброшенных пашнях восстанавливается степь и т. д.

Основная причина неустойчивости экосистем — ***несбалансированность круговорота веществ.***

Если в биоценозах деятельность одних видов не компенсирует деятельность других, то условия среды неминуемо изменяются. Популяции меняют среду в неблагоприятную для себя сторону и вытесняются другими видами, для которых новые условия экологически более выгодны. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не сформируется уравновешенное сообщество, которое способно поддержать баланс веществ в экосистеме.

Таким образом в природе происходит *развитие экосистем* от неустойчивого состояния к устойчивому. Этот процесс называют *сукцессией*. Например, зарастание небольших озер можно проследить на протяжении одного или нескольких поколений людей (рис. 78). Из-за недостатка кислорода в придонных слоях организмы-разлагатели не в состоянии обеспечить полный распад отмирающих растений. Образуются торфянистые отложения, озеро мелеет, зарастает с краев и превращается в болото. Оно сменяется мокрым лугом, луг — кустарниками, а затем лесом.

Сукцессия начинается на любом участке суши, который обнажился в результате каких-либо причин: на осыпях, отмелях, сыпучих песках, голых скалах, отвалах горных пород, созданных человеком, и др. Она проходит ряд закономерных этапов.

На первом этапе обнажившийся участок заселяется случайно попадающими сюда организмами из окружающих местообитаний: семенами, спорами, летающими и ползающими насекомыми, расселяющимися грызунами, птицами и т. д. Далеко не все из них способны прижиться на этом месте, и многие или погибают, или покидают его.

Рис. 78.
Смена сообществ при зарастании водоема

На втором этапе прижившиеся виды начинают осваивать и изменять среду обитания, еще не мешая друг другу.

На третьем этапе, когда участок полностью освоен, обостряются конкурентные отношения. Так как виды изменяют среду в неблагоприятную для себя сторону, часть из них вытесняется и появляются новые. Например, на задернованном участке уже не могут прорастать семена сорняков, которые первыми осваивали эту территорию. Они исчезают. Процесс постепенной смены видового состава может длиться достаточно долго.

На заключительном этапе устанавливается, наконец, *постоянный состав сообщества*, когда виды распределены по экологическим нишам, не мешая друг другу, связаны пищевыми цепями и взаимовыгодными отношениями и согласованно осуществляют круговорот веществ. В таком биоценозе сильны регуляторные связи, и он может неопределенно долго поддерживать экосистему, пока внешние силы не выведут его из этого состояния.

Таким образом, саморазвитие экосистем осуществляется через отношения между видами и их воздействие на среду обитания, т. е. через закономерные изменения биоценозов.

Смена биоценозов в сукцессиях всегда идет от наименее устойчивого состояния к наиболее устойчивому. Скорость этих изменений постепенно замедляется. Замедление темпов — одна из главных особенностей сукцессий. Приближаясь к устойчивому состоянию, они могут надолго задерживаться на отдельных стадиях. Мелкий водоем зарастает быстрее, чем впоследствии березовый лес на этом месте заменяется дубовым.

Неустойчивые стадии при смене биоценозов называют *незрелыми сообществами*, устойчивые — *зрелыми*.

Направленные изменения биоценозов начинаются и в том случае, если происходят какие-либо частичные нарушения в уже сформировавшейся экосистеме. Они приводят к ее восстановлению, поэтому называются *восстановительными сменами* или вторичными сукцессиями.

Например, после пожара в еловом лесу ель не может возобновиться сразу, так как ее проростки не выдерживают конкуренции светолюбивых и быстрорастущих трав: кипрея (иван-чая), вейника и др. Трав сменяются зарослями малинника и подростом светолюбивых лиственных деревьев, и лишь под их пологом в тени начинают подрастать молодые елочки. Каждая из этих стадий развития длительнее и устойчивее предыдущей. Процесс восстановления ельника занимает в природе несколько десятилетий.

Для развития биоценозов в ходе сукцессии характерен целый ряд общих закономерностей: постепенное увеличение видового разнообразия, смена доминирующих видов, усложнение цепей пи-

тания, увеличение в сообществах доли видов с длительными циклами развития, усиление взаимовыгодных связей в биоценозах и т. д.

Постепенно нарастают общая биомасса и продукция растений, но также растут и масштабы использования этой продукции в цепях питания. Все это приводит к замедлению темпов изменений и к установлению стабильных экосистем.

В зрелых, устойчивых сообществах все, что наращивают растения, используется гетеротрофами — это главная причина стабилизации экосистем. Если человек изымает продукцию из таких экосистем (например, древесину из зрелых лесов), он неминуемо нарушает их.

На начальных этапах развития биоценозов, пока не сложились цепи питания, в экосистемах создается избыток растительной продукции, и такие биоценозы выгодны человеку.

Деятельность людей постоянно приводит к сменам различных биоценозов — в результате рубок леса, осушения и обводнения земель, выработки торфяников, прокладки дорог и т. д. Частичные или глубокие нарушения экосистем вызывают природные процессы их самовосстановления.

Однако природные возможности не безграничны. Самовосстановление биоценозов часто тормозится различными внешними причинами. Например, ежегодные разливы рек все время нарушают формирование устойчивых биоценозов на их берегах, и здесь сообщества существуют в постоянно незрелом состоянии. Точно так же постоянная вспашка полей предотвращает восстановление естественной растительности на этой территории. Пустыри могут десятилетиями не заселяться растениями или животными, если какой-либо фактор сильно отклоняется от нормы, например сильно токсичны вывернутые породы, высока плотность грунта или недостаточно влаги.

Другая причина в нарушении восстановительных возможностей биоценозов — снижение видового разнообразия в окружающей среде. Если неоткуда взяться семенам растений или видам животных, играющим важную роль на соответствующих этапах развития сообществ, экосистема остается на менее устойчивой стадии.

Например, при сплошных рубках еловых лесов на больших территориях они зарастают со временем малоценными мелколиственными породами и надолго задерживаются в этом состоянии, так как неоткуда взяться семенам ели.

Умение управлять процессами саморазвития и самовосстановления экосистем — очень важная задача современной хозяйственной деятельности, когда человек приводит в постоянное движение весь живой покров планеты. Снимая ограничивающие факторы, поставляя соответст-

вующие семена растений и вселяя необходимые виды животных, можно ускорить формирование стабильных сообществ или, наоборот, задержать процессы на нужной нам стадии развития.

- **Сукцессии. Незрелые сообщества. Зрелые сообщества. Восстановительные смены. Замедление темпов развития экосистем.**

- **В природе существуют как устойчивые, зрелые, так и неустойчивые, развивающиеся экосистемы. Развитие экосистем происходит на основе смены видов, пока не сформируется такой биоценоз, который способен поддерживать устойчивый биологический круговорот веществ. Экосистемы способны к самовосстановлению при частичных нарушениях. Эти возможности не безграничны и зависят как от внешних условий, так и от видового разнообразия в окружающей среде.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Быстрые смены сообществ всегда проходят в скоплениях разлагающихся растительных остатков, трупах и навозе животных. Эти сообщества живут за счет запасов энергии, накопленной в мертвых органических остатках. Смены видов идут до тех пор, пока эти запасы полностью не иссякнут.
   Г. Ф. Гаузе продемонстрировал такие смены в пробирках с сенным настоем (рис. 79). Он занес в них несколько капель воды из природного водоема, содержащих разных представителей водной фауны. Животные стали активно размножаться, и начался процесс развития очень неустойчивого сообщества, в котором последовательно доминировали разные виды. Сначала преобладали мелкие бесцветные жгутиковые, их сменили похожие на бобы инфузории-кольподы, затем в массе появились инфузории-туфельки, после них — похожие на цветы сувойки и ползающие инфузории, в последнюю очередь — многоклеточные коловратки, мелкие рачки и другие виды. Сообщество становилось все более разнообразным, но постепенно численность всех видов уменьшилась в связи с истощением сенного настоя.
2. Причиной направленных смен сообществ в природе может стать не их саморазвитие, а длительное воздействие на них разрушительных факторов, например загрязнение водоемов, вытаптывание лесов, усиленный выпас скота. При этом сообщества проходят как бы

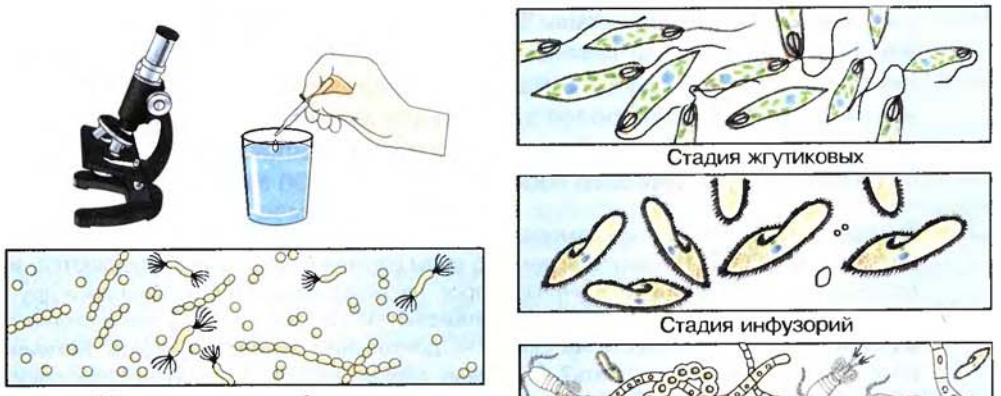


Рис. 79.
Смена мелких организмов в сенном настое

обратный путь, от сложных к простым, происходит их постепенная деградация. Например, на степных пастбищах с песчаными почвами дерновинки многолетних злаков — ковыля и типчака — разбиваются копытами скота и затем почти исчезают. Развиваются двухлетние и однолетние сорные растения. Затем их сменяют виды, характерные для сыпучих и слабозаросших песков: вейник, осока песчаная и др., а на последней стадии разрушения сообщества возникают голые пески лишь с отдельными растениями.

3. Американский ботаник Ф. Клементс в начале века впервые разработал теорию сукцессий. Он установил, что вначале неустойчивые сообщества, возникающие в разных условиях — на скалах, песках, отмелях, в сухих и влажных местообитаниях, сильно различаются по составу видов. Затем, по мере развития, они все включают все большее число общих видов, и в конце концов эти смены часто заканчиваются формированием одного и того же типа устойчивого биоценоза. Например, дубравы могут возникнуть и на месте бывшего водоема, и на месте голых песков, и на заброшенной пашне. По Клементсу, каждому типу климата соответствует свой основной тип устойчивого сообщества.

4. Развитие и самовосстановление сообществ со сменами видов происходят в природе в очень разных масштабах. Эти процессы можно, например, наблюдать на выбросах кротов. Их зарастание идет через последовательные этапы и занимает несколько лет. Более длителен процесс восстановления сообщества на обнажениях, образующихся в лесах в результате вывалов старых деревьев, кото-

рые часто падают от ветра. Такие участки возвращаются в прежнее состояние по растительности и животному населению через десятки лет. Чем крупнее масштабы нарушений и сдвигов равновесия в природе, тем более длительное время занимают процессы восстановления. Крупные вырубки и пожарища требуют для восстановления устойчивого сообщества 100—200 лет.

❑ **Вопросы. 1.** Почему при саморазвитии сообществ темпы сукцессий постепенно замедляются? **2.** Почему чужеземные виды растений чаще всего внедряются в местную растительность по обочинам дорог, насыпям, берегам рек, пашням и другим подобным местообитаниям и не приживаются в лесах, на лугах или в степях? **3.** Саморазвитие сообществ на скалах — длительный вековой процесс. Какими способами можно его ускорить? **4.** Почему сорные растения первыми осваивают обнажившиеся участки? **5.** Почему луга в лесной полосе встречаются в основном вдоль рек?

❑ **Задание.** Сопоставьте списки основных видов птиц, гнездившихся на одной и той же территории в два разных периода, отстоящих на 20 лет. Что произошло в этой экосистеме?
Первый период: коростель-дергач, чибис, перепел.
Второй период: пеночка-весничка, серая славка, зяблик.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Что произойдет в природе, если представить, что все сообщества достигнут стабильного состояния и виды, связанные с неустойчивыми стадиями, исчезнут? **2.** Раннее залежнопереложное земледелие целиком было основано на использовании восстановительных сил природы. Истощенный участок забрасывали, он зарастал и восстанавливал плодородие, а затем его распахивали вновь. Можем ли мы возвратиться к этому экологическому способу хозяйствования? **3.** Можно ли на восстанавливаемых землях сразу создать зрелое, стабильное сообщество, не проходящее длительных предварительных стадий развития? **4.** Можно ли сформировать плодовый сад по принципу зрелого биоценоза? **5.** Как использовать принцип саморазвития сообществ в сельском хозяйстве, чтобы, не возделывая поля ежегодно, получать в течение многих лет урожаи культурных растений?

ВСПОМНИТЕ

Экологические ниши
Межвидовые отношения

§ 20. Биологическое разнообразие как основное условие устойчивости популяций, биоценозов и экосистем

Огромное *разнообразие жизни* всегда поражало исследователей. В природе практически нет абсолютно сходных особей, популяций, видов и экосистем. Даже однояйцовые близнецы с одинаковой наследственностью хоть чем-то, но отличаются друг от друга. Это разнообразие всегда

было загадкой для умов и казалось избыточным. Когда отдельные виды начали исчезать с лица Земли по вине людей, этому сначала не придавали значения, так как видов много, а процессы их вымирания, как установила палеонтология, всегда происходили в природе.

Однако в настоящее время *обеднение разнообразия* жизни под влиянием деятельности человека идет очень быстрыми темпами. Огромные площади заняты немногими видами культурных растений с чистыми сортами, выравненными по наследственным качествам. Разрушаются многие типы природных экосистем и заменяются культурным ландшафтом. Снижается число видов в биоценозах. Поэтому и с теоретической, и с практической точек зрения очень важно понимать, в чем состоит роль биологического разнообразия.

Ответ на этот вопрос можно найти при изучении структуры и функционирования биоценозов. Как мы видели, природные сообщества могут включать сотни и тысячи видов, от бактерий до вековых деревьев и крупных животных. Биоценозы представляют собой природные системы. Высокое видовое разнообразие обеспечивает следующие свойства этих сложных систем.

1. Взаимная дополнительность частей. Как мы видели, в сообществах уживаются те виды, которые делят между собой экологические ниши и дополняют друг друга в использовании ресурсов среды. Например, растения первого яруса в лесу перехватывают 70—80% светового потока (рис. 80). Во втором ярусе растут деревья и кустарники, которым достаточно 10—20% от полного освещения, а наземные травянистые растения и мхи в таких лесах способны осуществлять фотосинтез всего при 1—2 сотых долях светового потока. Дополняя друг друга, растения более полно используют солнечную энергию.

Такая же дополнительность существует в размещении растений разных видов по поверхности почвы, расположении их корневых систем, полноте усвоения минеральных веществ и т. д.

У животных «разделение труда» в биоценозе ярко выражено в использовании разных видов пищи, времени суточной и сезонной активности, размещении в пространстве. Очень существенно дополняют друг друга разные виды грибов в лесных сообществах. Одни из них специализируются на разрушении мертвой древесины, другие — свежеопавших листьев, третьи — корней или шишек, четвертые продолжают разрушение уже полуразложившейся массы. Взаимная дополнительность чрезвычайно характерна и для многих микроорганизмов-редуцентов. Одни из них разрушают целлюлозу, другие — белки, третьи — сахара.

Взаимная дополнительность видов, созидающих и разрушающих органическое вещество, лежит в основе биологических круговоротов.

2. Взаимозаменяемость видов. Любой вид биоценоза может быть заменен другим, со сходными экологическими требованиями и функция-

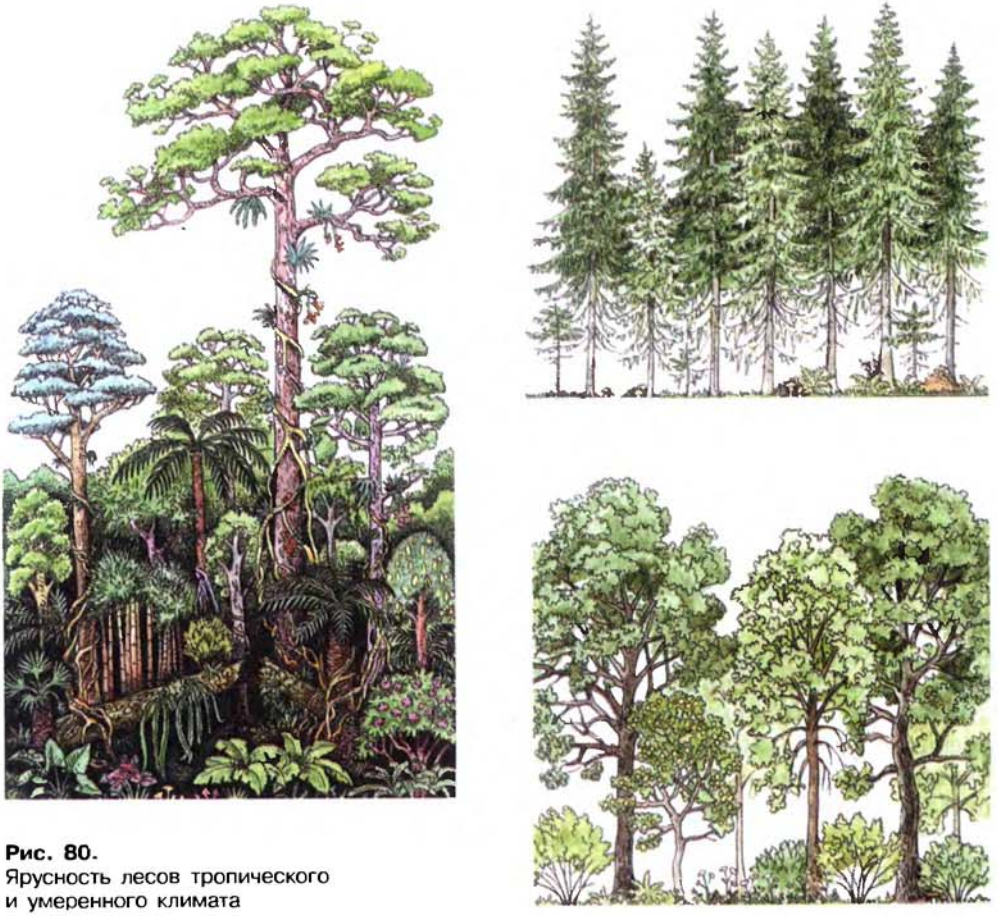


Рис. 80.
Ярусность лесов тропического и умеренного климата

ми. Хотя полностью похожих друг на друга видов в природе нет, но многие перекрываются по основным экологическим требованиям, отличаясь лишь деталями. Такие виды обычно заменяют друг друга в похожих сообществах, как, например, разные виды елей и пихты в темнохвойных таежных лесах или разные виды насекомых-опылителей на лугах.

Так как экологические ниши многих видов частично перекрываются, выпадение или снижение активности какого-нибудь одного из них не опасно для экосистемы. Его функцию берут на себя другие. Происходит явление «конкурентного высвобождения», и разные звенья круговорота веществ продолжают действовать. Взаимозаменяемость видов постоянно происходит при колебаниях погодных условий. Так, на лугах во влажные годы доминируют короткокорневищные травы, а в сухие — длиннокорневищные, активны разные листогрызущие и хищные насекомые и т. п.

3. Регуляторные свойства. Способность к саморегуляции — одно из основных условий существования сложных систем. Саморегуляция возникает на основе обратных связей. Принцип отрицательной обратной связи заключается в том, что отклонение системы от нормы приводит в действие силы, направленные на возвращение ее в нормальное состояние. Этот принцип обратной связи очень ярко проявляется во внутрипопуляционных и межвидовых взаимоотношениях в биоценозах. Увеличение численности жертв вызывает увеличение численности хищников и паразитов. Повышение плотности популяции сверх определенных уровней так изменяет связи внутри вида, что падает воспроизводительная способность или усиливается рассредоточение особей в пространстве.

Чем разнообразнее биоценозы и чем сложнее структура популяций, тем успешнее осуществляется их саморегуляция.

4. Надежность обеспечения функций. Главные функции биоценоза в экосистеме — создание органического вещества, его разрушение и регуляция численности видов — обеспечиваются множеством видов, как бы страхующих деятельность друг друга. Например, численность насекомых, как мы видели, могут сдерживать многоядные хищники, при более высокой численности — специализированные паразиты, при еще более высокой — возбудители инфекционных заболеваний или же ужесточение конкурентных отношений и внутрипопуляционные взаимоотношения.

Разложение целлюлозы — сложного и прочного компонента растительных тканей — могут осуществлять специализированные бактерии, разные виды плесневых и шляпочных грибов, мелкие почвенные клещи-сапрофаги, личинки насекомых, дождевые черви и другие животные, в кишечниках которых вырабатываются необходимые для этого ферменты.

В технике системы с множественным обеспечением функций действуют как сверхнадежные.

Этот принцип, как мы видим, взят человеком из природы. Разнообразие видов в экосистемах обеспечивает надежность их функционирования.

Таким образом, биологическое разнообразие — это ***главное условие устойчивости*** *всей жизни на Земле.*

За счет этого разнообразия жизнь не прерывается уже несколько миллиардов лет. В сложные периоды геологической истории, как свидетельствует палеонтологическая летопись, многие виды вымирали, разнообразие понижалось, но экосистемы материков и океанов выдерживали эти катастрофы. Жизнь продолжалась. Появлялись новые виды и сменяли старые в общем поддержании круговорота веществ и потока энергии.

Человеческая деятельность на Земле по влиянию на видовое разнообразие в настоящее время начинает превосходить все известные в прошлом геологические катастрофы. Поэтому очень важно не допустить такого снижения уровня биологического разнообразия, которое отразилось бы на устойчивости и природных, и антропогенных систем и перешло бы границы самовосстановительных возможностей природы.

❑ **Разнообразие жизни. Функции биологического разнообразия. Устойчивость жизни на Земле.** ❑ **Видовое разнообразие — основа устойчивости живой природы. Оно создает взаимодополнительность и взаимозаменяемость видов в биоценозах, обеспечивает регуляцию численности и самовосстановительные способности сообществ и экосистем.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Взаимозаменяемость видов позволяет экосистемам сохранять свои основные свойства, если не меняются масштабы их воздействия на окружающую среду. Например, на пастбищах диких копытных сменили стада домашних животных. В прериях Северной Америки до прихода людей обитало примерно 75 млн бизонов. Они съедали около 400 млн т травы, при расчете на сухой вес, что составляло около половины надземной продукции растительности, и ускоряли круговорот веществ в прериях. Бизоны были полностью уничтожены человеком. Их место на пастбищах заняли стада коров и овец. Но человек в погоне за прибылью склонен сильно увеличивать поголовье скота, и прерии пострадали от перевыпаса. Падает продуктивность пастбищ, усиливается эрозия почв.
2. На юге нашей страны разработан метод восстановления видового богатства растений в нарушенной степи. На нетронутых целинных участках в три-четыре приема за сезон скашивают сено, содержащее созревающие в эти разные сроки семена многих видов растений. Сеном засевают эродированные и нарушенные почвы. Таким образом почвы получают одновременно богатый набор семян, органическое удобрение и прикрытие оголенной поверхности. Через 3—4 года на таких участках восстанавливается задернованная степь с богатым набором видов. Естественные же процессы восстановления затягиваются на десятилетия.

3. Замена одного доминирующего вида другим — нормальное явление в многолетней динамике сообществ. Особенно наглядно проявляется в луговой растительности. Например, на некоторых типах приволжских лугов во влажные годы среди злаков преобладает лисохвост, а в сухие — костер и пырей. После массового размножения нестадных саранчовых, съедающих злаки, на лугах бурно разрастается не поедаемое ими разнотравье. Через 1—2 года оно снова угнетается своими конкурентами — злаками. В лесах такая многолетняя изменчивость растительного покрова менее заметна и охватывает только нижние ярусы.

4. Одно из современных направлений в селекции культурных растений — поддержание неоднородности их популяций. Такие сорта включают растения с колебаниями сроков цветения, разной высоты, с неодинаковым расположением корней, с различной устойчивостью к засухе и т. п. Внутрипопуляционное разнообразие полевых культур позволяет получать стабильные урожаи при значительных снижениях затрат на уход за растениями.

5. В рыбоводстве принцип дополнительности используют при выращивании в одном водоеме сразу нескольких видов рыб, использующих разный корм. Удачный набор составляют: белый толстолобик, питающийся преимущественно одноклеточными водорослями, пестрый толстолобик, поедающий зоопланктон, белый амур, кормящийся донными растениями, а также черный амур и карп, поедающие разные виды донных беспозвоночных.

❑ **Вопросы. 1.** В чем проявляется роль биологического разнообразия в природе? **2.** При длительном, в течение 80 лет, применении высоких доз азотных удобрений на одном из лугов, содержавшем ранее 49 видов растений, осталось только 3 вида. На неудобренном участке видовое богатство сохранилось. Объясните, почему это могло произойти. **3.** Как структура растительного покрова может быть связана с разнообразием видов птиц? **4.** Что такое отрицательная обратная связь в биоценозах? Приведите примеры. **5.** Какие принципы организации природных сообществ надо учесть в устройстве аквариумного биоценоза? **6.** Экологи считают, что мелкомасштабные смены сообществ поддерживают стабильность более крупных экосистем. Можете ли вы подтвердить эту точку зрения?

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Если экосистемы могут сохранять стабильность при замене одних видов другими со сходными функциями, значит ли это, что такие замены не должны интересовать человека? **2.** Неустойчивые сообщества в природе имеют тенденцию развиваться в устойчивые. Зачем тогда беспокоиться о восстановлении нарушенных человеком биоценозов и экосистем? **3.** Известно, что множество видов вымерло в прошлые эпохи. Значит ли это, что видовой состав природы постепенно обеднялся? **4.** Стоит ли стремиться уничтожить всех паразитов человека? Почему? **5.** Что общего можно найти между экосистемой и детской игрушкой типа «конструктор» или «строитель»?

ВСПОМНИТЕ

Экосистема
Озон
Осадочные породы
Ультрафиолетовое излучение

§ 21. Биосфера

Все экосистемы Земли являются только подразделениями, составными частями единой гигантской экосистемы, охватывающей всю поверхность планеты. Эту глобальную экосистему называют **биосферой**.

Учение о биосфере. Учение о биосфере создано русским геохимиком В. И. Вернадским. Он впервые оценил масштабы влияния жизни на физическую природу.

Биосфера, по В. И. Вернадскому, — это общепланетарная оболочка, та область Земли, где существует или существовала жизнь и которая подвергается или подвергалась ее воздействию. Биосфера охватывает всю поверхность суши, моря и океаны, а также ту часть недр Земли, где находятся породы, созданные деятельностью живых организмов.

В атмосфере верхние границы жизни определяются *озоновым экраном* — тонким слоем газа озона на высоте 16—20 км. Он задерживает губительные ультрафиолетовые лучи солнца. Океан насы-

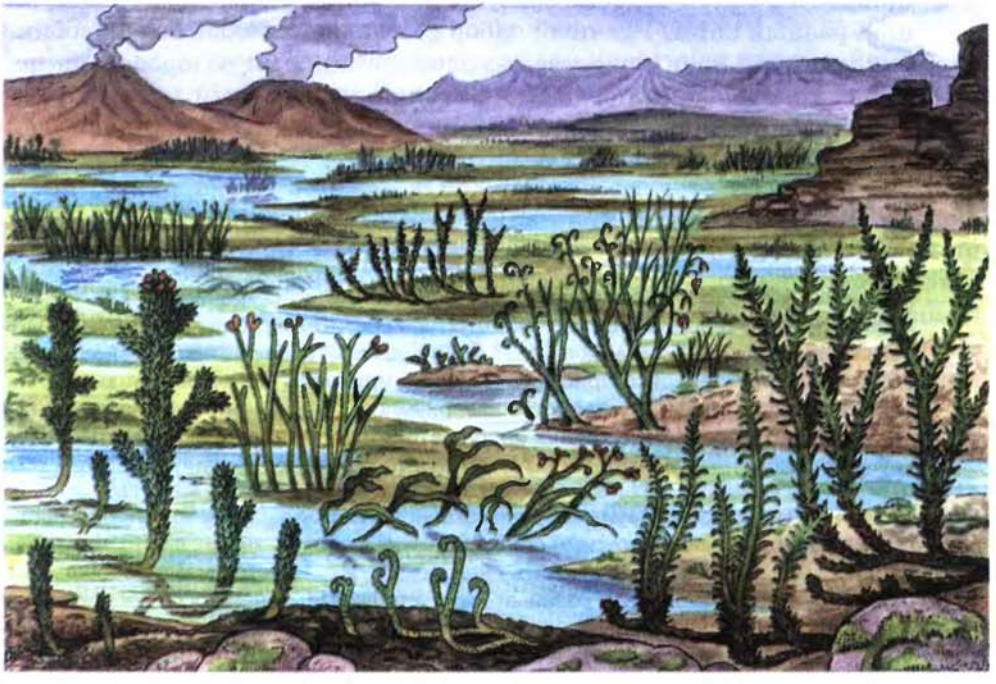


Рис. 81.
Первые растения суши (400 млн лет назад)

щен жизнью целиком, до дна самых глубоких впадин в 10—11 км. В глубину твердой части Земли активная жизнь проникает местами до 3 км (бактерии в нефтяных месторождениях). Результаты жизнедеятельности организмов в виде осадочных пород прослеживаются еще глубже.

Размножение, рост, обмен веществ и активность живых организмов за миллиарды лет полностью преобразовали эту часть нашей планеты.

Всю массу организмов всех видов В. И. Вернадский назвал *живым веществом* Земли.

В химический состав живого вещества входят те же самые атомы, которые составляют неживую природу, но в ином соотношении. В ходе обмена веществ живые существа постоянно перераспределяют химические элементы в природе. Таким образом меняется химизм биосферы.

В. И. Вернадский (1863—1945)

выдающийся русский ученый, академик, основоположник науки геохимии. Создал учение о биосфере Земли

В. И. Вернадский писал, что на земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим последствиям, чем живые организмы, взятые в целом. За миллиарды лет фотосинтезирующие организмы связали и превратили в химическую работу огромное количество солнечной энергии. Часть ее запасов в ходе геологической истории накопилась в виде залежей угля и других ископаемых органических веществ — нефти, торфа и др.

За счет фотосинтеза накоплен кислород атмосферы (рис. 82). На ранней Земле в атмосфере преобладали другие газы: водород, метан, аммиак, углекислый газ. За счет кислорода возник озоновый экран. Молекулы этого газа состоят из трех атомов кислорода и образуются при действии на молекулярный кислород ультрафиолетовых лучей. Таким образом, жизнь сама создала защитный слой в атмосфере, задерживающий большинство этих лучей.

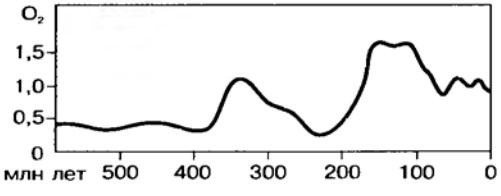


Рис. 82.
Изменение содержания кислорода в атмосфере в истории Земли

Большая часть углекислого газа современной атмосферы выделяется в процессах дыхания бесчисленных живых существ или сжигания органического топлива. Атмосферный азот тоже следствие деятельности жизни, он образуется в результате активности ряда почвенных бактерий.

Благодаря живым существам возникли многие горные породы на Земле. Организмы обладают способностью избирательно поглощать и накапливать в себе отдельные элементы в гораздо большем количестве, чем они есть в окружающей среде. Например, многие морские виды концентрируют в своих скелетах кальций, кремний или фосфор и, отмирая, создают на дне водоемов большие толщи осадочных пород: залежи известняков, мела, кремнистых сланцев, фосфоритов. Такие породы называются *органогенными*, так как они обязаны своим происхождением живым организмам (рис. 83).

Жизнью создан на поверхности суши почвенный слой. В почве так тесно связаны между собой минеральные компоненты, разлагающиеся

Рис. 83. Океанические грунты под микроскопом

органические вещества и многочисленные микро- и макроорганизмы, что В. И. Вернадский отнес ее к особым, *биокосным* телам природы. Такой же биокосный состав имеют и воды Мирового океана, насыщенные продуктами обмена веществ и населенные бесчисленными обитателями.

Живые организмы играют большую роль в разрушении и выветривании горных пород на суше. Они — главные разрушители мертвого органического вещества.

Таким образом, за период своего существования жизнь преобразовала атмосферу Земли, состав вод океана, создала озоновый экран, почвы, многие горные породы. Изменились условия выветривания пород, большую роль стал играть микроклимат, создаваемый растительностью, изменился и климат Земли.

В. В. Докучаев (1846—1903)

основоположник современного почвоведения, основанного на идее глубокой взаимосвязи живой и неживой природы

Совершая гигантский биологический круговорот веществ в биосфере, жизнь поддерживает стабильные условия для своего существования и существования в ней человека.

Живые организмы создают в биосфере круговороты важнейших биогенных элементов, которые попеременно переходят из живого вещества в неорганическую материю. Эти циклы делят на две основные группы: круговороты газов и осадочные круговороты. В первом случае главный поставщик элементов — атмосфера (углерод, кислород, азот), во втором — горные осадочные породы (фосфор, сера и др.).

Круговорот углерода (рис. 84). Источником его для фотосинтеза служит углекислый газ (диоксид углерода), находящийся в атмосфере или растворенный в воде. Углерод, связанный в горных породах, вовлекается в круговорот значительно медленнее. В составе синтезированных растением органических веществ углерод поступает затем в цепи питания через живые или мертвые ткани растений и возвращается в атмосферу снова в форме углекислого газа в результате дыхания, брожения или сгорания топлива (древесины, нефти, угля и т. п.). Продолжительность цикла углерода равна трем-четырем столетиям.

Круговорот азота (рис. 85). Растения получают азот в основном из разлагающегося мертвого органического вещества посредством деятель-

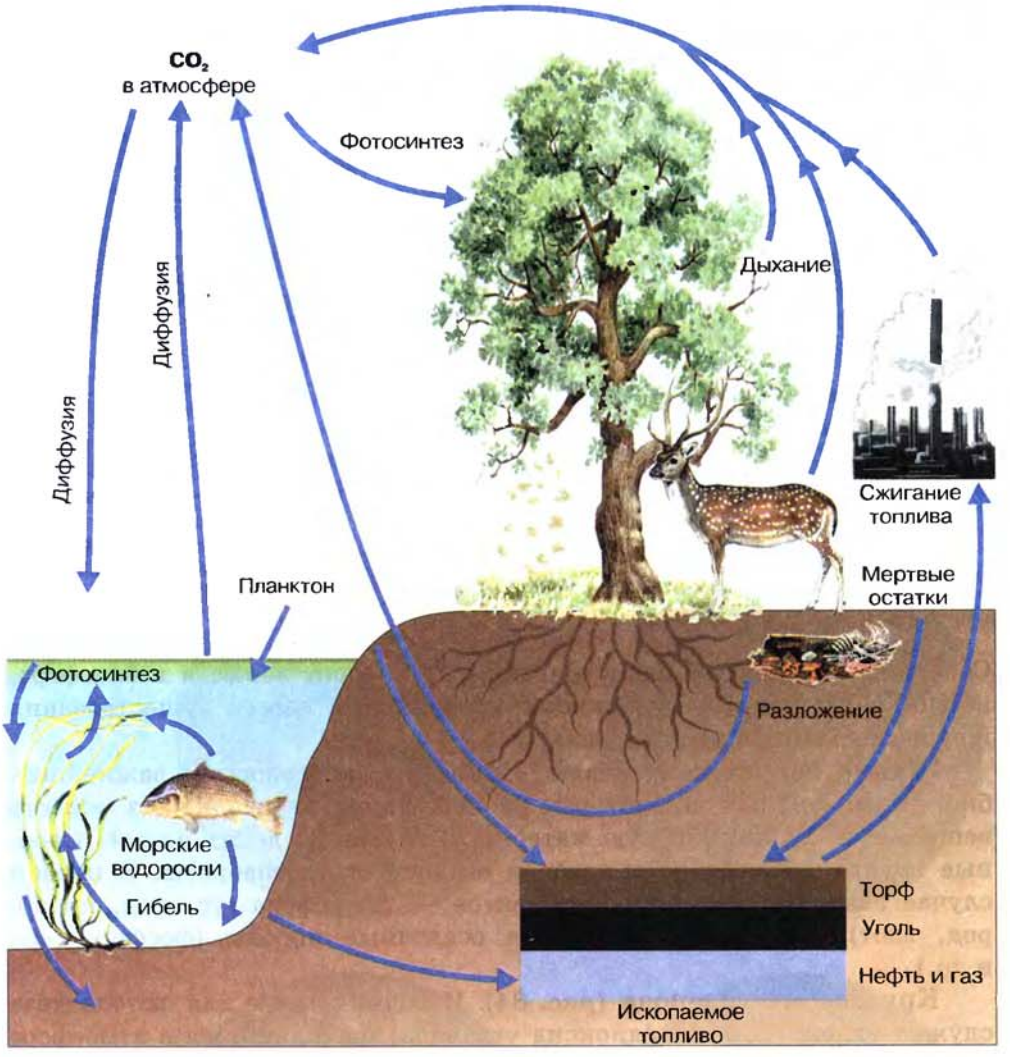


Рис. 84.
Круговорот углерода в биосфере

ности бактерий, которые превращают азот белков в усваиваемую растениями форму. Другой источник — свободный азот атмосферы — растениям непосредственно недоступен. Но его связывают, т. е. переводят в другие химические формы, некоторые группы бактерий и синезеленые водоросли, они обогащают им почву. Многие растения находятся в симбиозе с азотфиксирующими бактериями, образующими клубеньки

на их корнях. Из отмерших растений или трупов животных часть азота, за счет деятельности других групп бактерий, превращается в свободную форму и вновь поступает в атмосферу.

Круговорот фосфора и серы. Фосфор и сера содержатся в горных породах. При их разрушении и эрозии они поступают в почву, оттуда используются растениями. Деятельность организмов-редуцентов снова возвращает их в почву. Часть соединений азота и фосфора смывается дождями в реки, а оттуда — в моря и океаны и используется водорослями. Но в конце концов в составе мертвого органического вещества они оседают на дно и снова включаются в состав горных пород.

Цикл кислорода. Цикл кислорода занимает на Земле около 2000 лет, воды — около 2 млн лет. Это значит, что атомы этих веществ за историю Земли многократно проходили через живое вещество, побывав в телах древних бактерий, водорослей, древовидных папоротников, динозавров и мамонтов.

Биосфера прошла длительный период развития, в течение которого жизнь меняла формы, распространилась из воды на сушу, изменила систему круговоротов. Содержание кислорода в атмосфере постепенно росло (см. рис. 82).

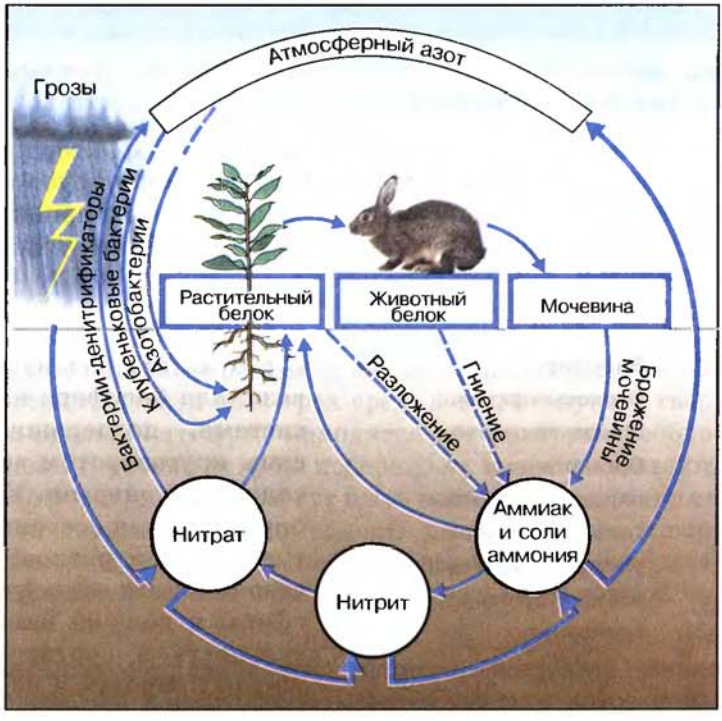


Рис. 85. Круговорот азота в биосфере

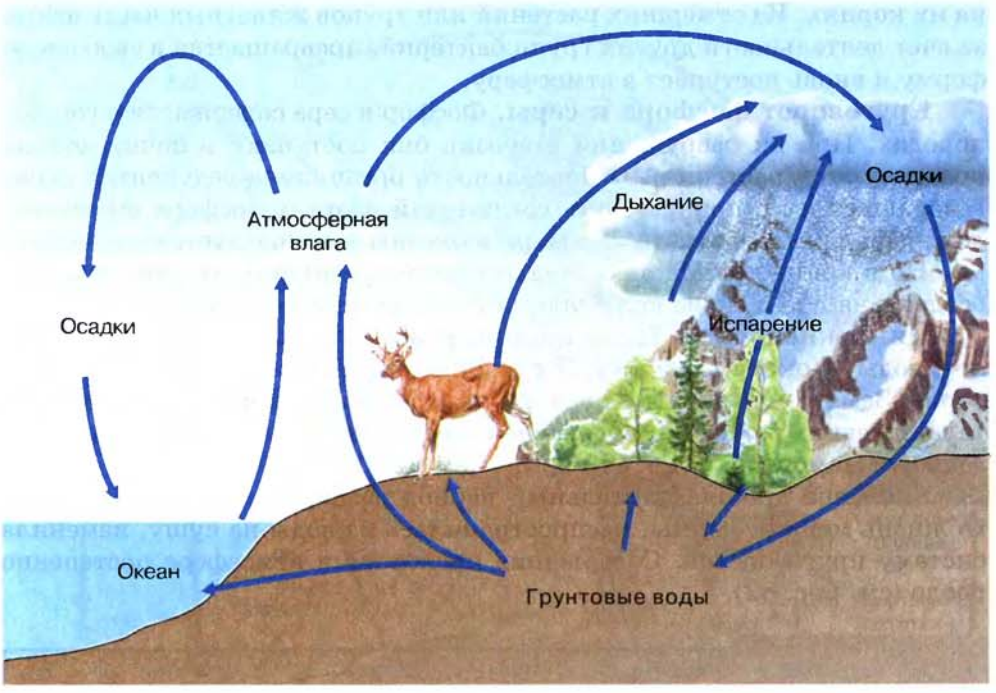


Рис. 86.
Круговорот воды в биосфере

За последние 600 млн лет скорости и характер круговоротов приблизились к современным. Биосфера функционирует как гигантская слаженная экосистема, где организмы не только приспосабливаются к среде, но и сами создают и поддерживают на Земле условия, благоприятные для жизни.

- **Биосфера. Озоновый экран. Живое вещество. Органогенные породы. Биокосные тела. Круговорот углерода. Круговорот азота. Круговорот кислорода.**

- **В результате развития жизни на Земле возникла биосфера как глобальная экосистема, поддерживаемая биологическим круговоротом веществ и потоками солнечной энергии. Условия в биосфере определяются состоянием жизни, ее активностью и разнообразием. Человечество целиком зависит от состояния биосферы и должно направлять свою деятельность в соответствии с законами живой природы, а не против них.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. На ранней Земле, когда не было растительного покрова, испарение воды с суши было понижено, а сток в реки и моря — повышен. Появление наземных растений и почв и постепенное увеличение занятых ими площадей сильно уменьшило сток. В воздух стало поступать значительно больше паров через испарение растительностью, что привело к увеличению количества осадков на суше. В свою очередь это способствовало продвижению растений в глубь континентов. Таким образом растительность изменяла климат в благоприятную для себя сторону. Это пример положительной обратной связи между организмами и окружающей средой, когда начавшийся процесс усиливает сам себя и ведет к направленным изменениям условий.

2. В составе живого вещества обнаружено больше половины элементов таблицы Менделеева, но преобладают 14 из них. Десятки процентов веса приходятся всего на два элемента — кислород и водород, проценты — на углерод, азот и кальций, десятые доли процента составляют фосфор, кремний, калий и сера, сотые доли — магний, железо, натрий, хлор и алюминий. Остальные элементы более редки, хотя часто бывают необходимы. Эти 14 элементов не случайная совокупность. На них приходится 99,9% общей массы живых организмов, и они же образуют 98,9% веса всей земной коры, хотя и находятся в ней в иных пропорциях. Таким образом, жизнь — «плоть от плоти» химическое производное нашей Земли.

3. Жизнь распределена на поверхности Земли неравномерно. Существуют области ее повышенной концентрации в биосфере — на границах раздела разных сред: воды, воздуха и горных пород. В. И. Вернадский назвал их «пленками жизни». В верхнем 100-метровом слое океанов сосредоточено 95% всего планктона, в 1 г почвы находится до 2,5 млрд клеток микроорганизмов. Наиболее полно развита жизнь и наиболее активны биогеохимические процессы в местах контакта всех трех сред: воды, воздуха и твердого субстрата. Здесь в оптимуме находятся все факторы, необходимые для жизни. В устьях рек, на побережьях морей развиваются богатые сообщества, которые могут быть названы «сгущениями жизни». Дополнительная неравномерность распределения жизни на Земле обусловлена географической зональностью и масштабами поступления солнечной энергии на разные участки земной поверхности.

4. На суше ежегодно в круговорот веществ поступает около 150 млрд т растительной продукции. Океаны создают вдвое мень-

ше. Если принять общую первичную продукцию суши за 100%, то вклад разных континентов будет примерно следующим: Европа — 6%, Азия — 28, Африка — 22, Северная Америка — 13, Южная Америка — 26, Австралия с островами Океании — 5%. Если же сравнить продуктивность растений на единицу площади, например на гектар, то она составляет (в процентах от средней по всем континентам) в Европе 89, в Азии — 103, в Африке — 108, в Северной Америке — 86, в Южной Америке — 220, в Австралии — 90.

5. Весь кислород, содержащийся в атмосфере, а также во многих поверхностных минералах, накоплен за счет фотосинтеза. При полностью замкнутом биологическом круговороте накопления кислорода не должно происходить, так как все его количество полностью расходовалось бы в процессах дыхания живых организмов и разложения мертвых остатков. Однако значительное количество органического вещества выпадало в прошлом из круговорота, превращаясь в каменный уголь, торф, горючие сланцы и др. Поэтому содержание кислорода в воздухе постепенно росло.

6. Вес живого вещества в биосфере ничтожен, он составляет примерно десятитысячную долю процента от веса земной коры. Ежегодно производится около 0,1 от существующей массы и столько же разрушается. Следовательно, за 10 млн лет через живые организмы проходит масса вещества, равная весу земной коры. Если можно было бы собрать всю биомассу, произведенную на Земле за последние 600 млн лет, то она покрыла бы Землю слоем 2000 км.

❑ **Вопросы. 1.** Каковы закономерности распределения биомассы растений по климатическим зонам Земли? **2.** Как связаны между собой различные экосистемы Земли? Приведите примеры. **3.** Почему биосферу часто называют глобальной экосистемой? **4.** Один из крупнейших русских ученых, К. А. Тимирязев, исследовавший фотосинтез растений, писал, что растения выполняют космическую роль на Земле. Подтвердите его точку зрения. **5.** Следы препарата ДДТ, использовавшегося против вредных насекомых в сельском хозяйстве развитых стран, обнаружены на берегах Антарктиды. Какими путями мог попасть туда этот препарат?

❑ **Задание.** Рассмотрите карту продуктивности разных районов земного шара. Оцените приблизительно, какова доля наиболее и наименее продуктивных районов в общей территории суши и океана. В каком по продуктивности районе мира расположена наша страна?

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Вечна ли биосфера? **2.** Могут ли люди усовершенствовать биосферу? **3.** Как изменятся условия жизни на Земле, если все захороненное в недрах органическое вещество будет сожжено или подвергнется разложению? **4.** Почему считают, что человечество стало сейчас силой геологического масштаба?

§ 22. Экология как научная основа природопользования

Люди живут за счет природы, обеспечивая свое благополучие и развитие общества. В использовании и преобразовании природы современное общество руководствуется научными знаниями. На их основе работают заводы и фабрики, горнодобывающая и строительная промышленность, энергетические предприятия, сельское хозяйство и системы связи. Как же служит человечеству экологическая наука? Почему экология считается сейчас важнейшей областью знания, способной указать новые пути сохранения и развития человеческой цивилизации?

В центре внимания экологии — живая природа. А ведь именно она обеспечивает и пищевые ресурсы людей, и регуляцию условий жизни в биосфере. Что станет с человечеством, если живая природа Земли будет сильно разрушена в результате мощного наступления техники, как это уже происходит в настоящее время? Как предвидеть последствия разных форм человеческой деятельности, при которых сильно изменяется природная среда? Как выгоднее, разумнее вести хозяйство, чтобы не навредить будущим поколениям?

В своей практической деятельности человек всегда был вынужден считаться с законами живой природы, особенно в сельском хозяйстве, лесоводстве и промыслах. Сначала это происходило стихийно, на основе опыта, проб и ошибок. С развитием научной экологии стало ясно, что именно она является основой, на которой возможно не стихийное, а сознательное, грамотное хозяйствование людей на Земле. Ведь экология — наука о связях, на которых основывается устойчивость всех форм жизни.

Практическая значимость экологии проявляется в каждом ее разделе, любом положении, от глобальных законов до частных зависимостей.

Так, когда были оценены масштабы биологической продукции на планете, стало ясным, что наступило время соотносить деятельность и потребности людей с возможностями биосферы. Понимание того, как устроены и поддерживают себя природные экосистемы, позволяет повышать устойчивость агроценозов, культурных ландшафтов, городской среды. Человеческая цивилизация не может уже развиваться, не считаясь с законами устойчивости природы. Главный из них — поддержание и усиление интенсивности круговорота веществ. Современные технологии промышленности и сельского хозяйства таковы, что не могут не нарушать природную среду. Стремительно ухудшаются и условия жизни людей. Поэтому встает вопрос об изменении методов использования природы и ее ресурсов.

Основной принцип экологически грамотного хозяйствования — действовать не против природы, а в соответствии с ее законами. Любое экологическое знание можно превратить в полезную и выгодную людям технологию.

Например, если мы знаем, что по цепям питания передаются и ядохимикаты, которые попадают из загрязненной среды сначала в растения, а затем в животных, то на основе этого может быть разработана и технология очистки почв или водоемов. Сейчас испытывается метод очистки почв, при котором на загрязненных тяжелыми металлами участках выращивают специально подобранные растения с высоким коэффициентом усвоения этих соединений, а затем превращают их в золу, очищая почвы. Еще эффективнее может быть использование для этих целей животных-сапрофагов, питающихся загрязненными растительными остатками.

Популяционная экология раскрывает возможности управления численностью видов. Это важно и для получения нужной биологической продукции, и для предупреждения размножения вредителей, и для борьбы со многими возбудителями болезней.

Знание экологии сообществ позволяет не только поддерживать природные биоценозы, но и управлять производительностью полей, пастбищ и садов. Зная законы самовосстановления и саморазвития сообществ, можно ускорить залечивание ран, нанесенных природе сведением лесов или добычей полезных ископаемых.

Экология становится наукой, необходимой во всех сферах деятельности человека. Она обладает огромным практическим потенциалом. Люди еще не научились полностью использовать уже накопленные экологические знания.

Трудности заключаются в том, что необходимо знать не только общие принципы, управляющие жизнью организмов, популяций, сообществ, экосистем и биосферы в целом. Ведь важнейшая черта жизни не только ее упорядоченность, но и огромное биологическое разнообразие. Каждый объект жизни уникален, поэтому нужно знать также отличительные особенности любой природной системы, на которую распространяется влияние человека.

Экологическое образование не кончается, а только начинается с познания основ общей экологии. Далее требуются развитие профессиональных знаний и экологическая специализация в любой отрасли деятельности.

Экология — многогранная и универсальная наука, затрагивающая все формы взаимоотношений человека с природой. Само человечество, как часть живой природы, также подчиняется многим экологическим зависимостям. Они составляют предмет особой области знания — социальной экологии.

■ Примеры и дополнительная информация

1. В настоящее время стала очевидной огромная роль болот в поддержании стабильности климата Земли. До недавнего времени болота старались осушать и мелиорировать в целях преобразования природы. Сейчас подсчитано, что болотистые районы являются одними из главных поставщиков в атмосферу газа метана. Его вырабатывают бактерии, содержащиеся в бескислородных нижних слоях болот. Метан относится к так называемым «парниковым» газам, которые задерживают часть теплового излучения Земли в космическое пространство. Если содержание метана в атмосфере резко упадет, климат Земли похолодает вплоть до наступления нового ледникового периода. Болота Западной Сибири вносят особо ощутимый вклад в регуляцию парниковых газов в атмосфере всей Земли. Проекты осушения этих болот оказались антиэкологичными. Они подорвали бы биосферное равновесие.

2. Некоторые сложные органические соединения важны для ряда областей промышленности, хотя нужны в очень небольших количествах. Например, некоторые ферменты, вызывающие свечение белков. Для их синтетического получения необходимо разрабатывать сложные и дорогие химические технологии, загрязняющие среду. Эти же соединения легко получать в готовом виде из светящихся животных. Если освоить, например, разведение жуков-светляков, производство обойдется в тысячи раз дешевле и безопаснее для природы.

3. В природе продукты жизнедеятельности одних организмов перерабатываются другими вплоть до полного разложения на простые соединения, вновь вовлекаемые в круговорот. Этот же принцип необходимо использовать и в организации промышленности. Производство построено экологически грамотно, если отходы одних предприятий являются сырьем для других и из них снова создается нужная человеку продукция.
   Например, тепловые электростанции и другие предприятия, сжигающие уголь, выбрасывают в атмосферу большое количество сернистых соединений. Сера — ценное сырье для промышленности. Улавливание ее из промышленных выбросов и дальнейшая переработка частично заменяют дорогостоящую добычу из земных недр. При этом не происходит загрязнения атмосферы.

4. Для борьбы с почвенными личинками жуков, которые в степной полосе наносят сильный вред всходам зерновых, на полях используют большое количество ядохимикатов. Яды убивают не только вредителей, но и полезных обитателей почвы, и в конце концов по цепям

питания попадают к людям. Ростовскими учеными разработан экологически чистый метод борьбы с этими вредителями. Установлено, что личинок привлекает даже слабый запах особого вещества — лизина, выделяемого прорастающими семенами. Для отвлечения вредителей от растений в почву вносят рядами специальные приманки, содержащие лизин из отходов пищевого производства. Личинки активно собираются возле них с расстояния в несколько метров. За время их передвижения, занимающего несколько дней, растения подрастают и вредители становятся им не страшны.

5. Сплошные рубки леса проводят без учета экологических связей. Для восстановления после такой рубки еловых лесов требуется не менее 100 лет, а лесов из кедровой сосны на Дальнем Востоке — более 200. Самое прибыльное ведение лесного хозяйства — выборочная рубка деревьев, при которой не нарушается все лесное сообщество. Такой лес можно использовать непрерывно, он самовосстанавливается. Выборочная рубка освобождает соседние деревья от конкуренции и усиливает их рост. Создается также пространственная мозаика лесного биоценоза, которая, по экологическим законам, способствует устойчивости экосистемы.

Экологические принципы лесного хозяйства были разработаны еще в начале века крупнейшим ученым-лесоводом Г. Ф. Морозовым. Они во многом нарушались в связи с применением мощной лесопосадочной техники, позволяющей быстро вырубать леса на больших площадях. Так как сведение лесов и в нашей стране, и во всем мире принимает угрожающий характер, вновь возвращаются к пропаганде старых, экологически оправданных методов ведения лесного хозяйства.

❑ **Вопросы. 1.** Если бы вас попросили экологически грамотно спланировать будущий город, что бы вы предложили в вашем проекте? **2.** Что более правильно с экологических позиций — широкое развитие общественного транспорта, включая междугородный, или личные автомобили в каждой семье? **3.** В одной из книг вредители сельского хозяйства названы «незаконным порождением законов биоценологии». Попробуйте разъяснить мысль автора. **4.** Приведите примеры, какие экологические проблемы можно, а какие нельзя решить в рамках одного государства. **5.** В каких областях деятельности человеку приходится создавать искусственные биоценозы? **6.** Минеральные удобрения часто сравнивают с кислородной подушкой для больных. Почему? Обсудите, может ли современное сельское хозяйство обходиться без минеральных удобрений. **7.** Распространяются ли законы роста популяций и на человеческое общество? **8.** Как экологически грамотно может работать тракторист? инженер-атомщик? нефтяник? школьный учитель? **9.** Промышленность и транспорт забирают много кислорода из атмосферы. Предложите принципы какой-либо биотехнологии для увеличения содержания кислорода в воздухе. **10.** Какие разрешения и запреты должны содержать экологически грамотные правила любительской рыбной ловли?

Часть II

Социальная экология

Глава 4. *Экологические связи человека*

Глава 5. *Экологическая демография*

Глава 6. *Экологические проблемы и их решения*

Глава 4

Экологические связи человека

§ 23. Человек как биосоциальный вид

Общие экологические закономерности, как показано в первой части учебника, определяют взаимоотношения с окружающим миром всех живых существ на Земле, в том числе и человека.

Человек — один из 3 млн известных сейчас биологических видов на Земле. Определено его место в системе животного царства: класс млекопитающих, отряд приматов, семейство гоминид, род человек, в котором до нашего времени дожил только один вид — Человек разумный (Homo sapiens).

С экологических позиций человечество представляет собой общемировую популяцию биологического вида, составную часть экосистемы Земли. Но очевидно, что вид этот особый, существенно отличный от всех других обитателей планеты. А потому возникают непростые экологические вопросы. Подчиняется ли человечество законам фундаментальной экологии? Если да, то полностью или частично? Если частично, то насколько?

Вторая часть учебника целиком посвящена особенностям проявления общих экологических закономерностей во взаимоотношениях с окружающим миром только одного вида — человека. Современные экологические проблемы, стоящие перед человечеством, требуют безот-

лагательного рассмотрения и решения. Только на основе глубокого и всестороннего понимания взаимосвязей человечества и природы возможно разумное, оптимальное их регулирование. А это необходимо для того, чтобы не допустить кризиса и саморазрушения, обеспечить устойчивое развитие природы и общества, сохранить целостность общеземной экосистемы и гарантировать существование человечества в будущем.

Биологическая природа человека проявляется в присущем всему живому стремлении сохранить свою жизнь и продолжить ее во времени и пространстве через размножение, обеспечить максимум безопасности и комфорта. Эти естественные устремления достигаются через постоянные взаимодействия человечества со средой обитания. Все люди потребляют пищу и выделяют продукты физиологического обмена, защищаются от врагов и избегают других опасностей, участвуют в конкуренции за жизненные ресурсы и содействуют полезным для себя видам. Иными словами, человечеству свойствен весь спектр экологических связей. В этом заключается основное *экологическое сходство* человечества с популяциями всех других биологических видов.

Экологические отличия человечества от популяций иных видов проявляются в уровне развития многих экологических связей и в особенностях форм их реализации. Суммарно эти различия наиболее отчетливо выражены в силе и масштабах влияния человечества на окружающую среду. Как популяция любого вида, человечество оказывает определенное воздействие на среду, в свою очередь испытывая ответное ее сопротивление. Но давление человечества несоизмеримо по своей мощи и скорости ее нарастания с влиянием на окружающую среду других видов. По своим масштабам оно сейчас существенно превосходит сопротивление среды, подавляет его на значительной части планеты. В отчетливом дисбалансе сил давления человечества на среду и ответного ее сопротивления заключается одна из самых существенных экологических особенностей человека.

Еще одно принципиальное отличие человека от всех других видов животных заключается в том, что современные люди не могут существовать без обмена результатами своей деятельности с себе подобными, вне созданной ими искусственной среды обитания, без использования обобщенного опыта, накопленного предшествующими поколениями, без огромного множества прямых и особенно опосредованных социальных связей. Иными словами, человек не способен длительное время поддерживать свое существование вне духовной и материальной культуры, вне цивилизации, вне социума — человеческого общества.

Экологическое сходство человека с другими видами объясняется его биологическим происхождением, принадлежностью к миру живой природы, где действуют биологические законы.

А экологические его отличия определяются принадлежностью также и к человеческому обществу, где действуют законы общественные, т. е. социальные. Эта двойственность присуща только человеку, который представляет собой единственный на нашей планете *биосоциальный вид.*

❑ **Экологическое сходство. Экологические отличия. Биосоциальный вид.**	❑ **Человечество подчиняется и законам биологическим, и законам социальным. Поэтому человек — единственный на Земле биосоциальный вид.**

■ Примеры и дополнительная информация

Напомним одно из важных положений общей экологии: всем без исключения животным свойственны внутривидовые взаимодействия, которые называют индивидуальными или даже социальными связями. Но важно подчеркнуть, что для подавляющего большинства видов такого рода прямые контакты между особями жизненно зна́чимы только на период размножения. У высших позвоночных животных — птиц и млекопитающих образуются семьи, где детеныши какое-то время целиком зависят от родителей. Известны также разного рода объединения для совместной деятельности (миграции, поиск пищи, обнаружение опасности, защита от врагов, строительство убежищ и т. п.), которые иногда представляют собой группы с определенной структурой (вожаки, охранники, фуражиры, слабые и оберегаемые особи). Однако и в этих случаях, за редчайшими исключениями, зависимость одних особей от других и, стало быть, значимость индивидуальных (социальных) связей либо ограничена во времени (детенышей от родителей), либо не абсолютна (в колониях птиц, в стадах копытных или обезьян). Только общественные насекомые (например, муравьи) и люди не могут длительное время нормально жить вне общества, без постоянного обмена результатами своей индивидуальной деятельности и разделения обязанностей. Притом очень важно заметить, что муравьи живут гигантскими и крайне своеобразными, но все-таки семьями; следовательно, отношения в муравейнике — сложная система родственных, социально-семейных связей. А существование каждого отдельного человека (особенно в городе) всецело зависит от неисчислимого множества не только неродственных, но и совсем незнакомых ему людей, добывающих и поставляющих пищу, тепло,

одежду, все необходимое для жизни. Поэтому социальные отношения между людьми становятся совершенно обязательным компонентом их экологических связей, что позволяет считать их социально-экологическими или экосоциальными, а самого человека — уникальным на Земле биосоциальным видом.

И в наши дни существуют еще живущие в джунглях примитивные племена, известны случаи, когда отдельные люди и семьи намеренно уходили из общества в леса, питаясь подножным кормом и проживая в пещерах (землянках, примитивных хижинах и т. п.). Но для таких отшельников места на планете практически не остается. Новейший тому пример: жизнь описанной известным журналистом В. М. Песковым семьи Лыковых в глухой тайге на Алтае. Несколько десятилетий им удавалось жить в изоляции от общества, но в конце концов геологи обнаружили их жилище, таежные отшельники стали контактировать с другими людьми, а последняя из них — Агафья Лыкова — уже вполне привыкла и к общению с визитерами, и к «плодам» цивилизации: радиосвязи, лекарствам, жизненно необходимым предметам обихода и продуктам. Жизнь семьи в полной изоляции от общества оказалась невозможной. Потому, наверное, книга В. М. Пескова о семье Лыковых так и называется — «Таежный тупик»...

❑ **Вопросы. 1.** В чем заключается биологическая природа человека? **2.** Почему человек считается биосоциальным видом? **3.** Каким видам животных также свойственны некоторые формы социального поведения?

❑ **Задание.** Составьте список экологических связей, изученных вами в первой части учебника. Некоторые из них будут рассмотрены в следующих параграфах применительно к человечеству.

ВСПОМНИТЕ

Пищевые связи в популяциях животных

Обмен информацией между животными

Экологическая емкость среды

§ 24. Особенности пищевых и информационных связей человека

Пищевые связи. Как и в глубокой древности, современному человеку для поддержания жизнедеятельности требуется физиологическая норма — примерно 2500 ккал в сутки. В этом его биологическая сущность за многие тысячелетия практически не изменилась. Естественно, что древние предки человека — собиратели и охотники — на добывание пищи не могли тратить больше энергии, чем получали, поедая добычу. *Пищевые* (*трофи-*

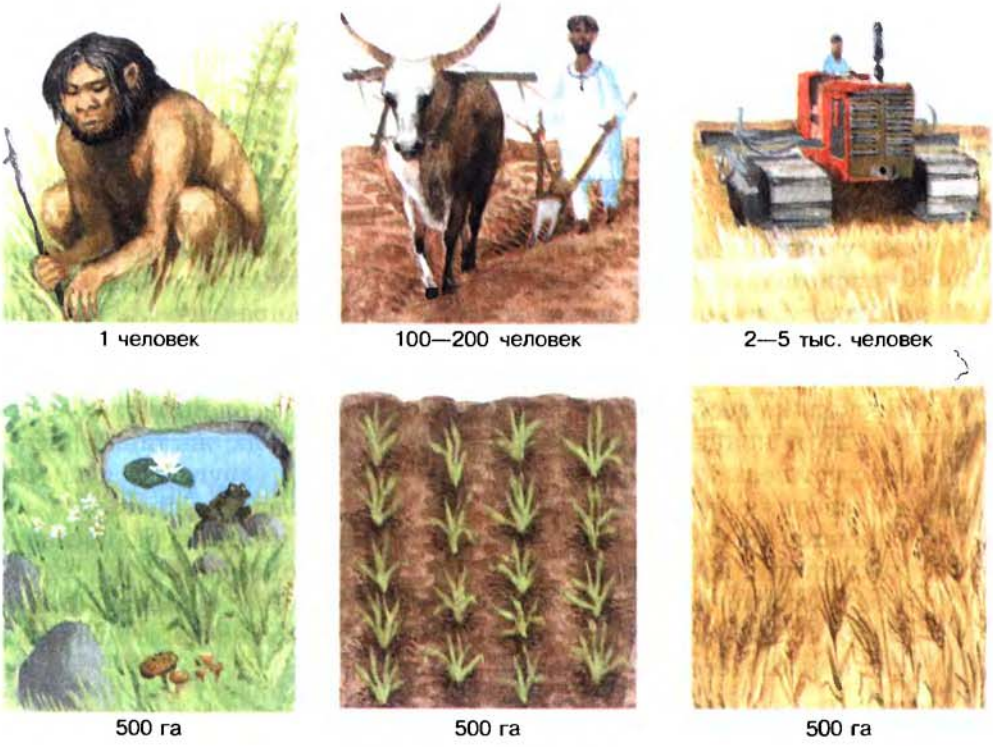


Рис. 87.
Исторические изменения затрат труда для повышения продуктивности земель

ческие) *связи* были простыми и непосредственными: потратил свою мускульную энергию на добывание пищи, съел добытое и восстановил свои энерготраты. Но обязательно с превышением, чтоб осталось на процессы жизнедеятельности и согревание организма. Кроме того, добычи должно было хватить более слабым членам племени, не участвующим в охоте: детям, женщинам, старцам.

В производство современной пищи человек имеет возможность вкладывать мощные дополнительные энергоресурсы: топливо для машинной обработки почвы, транспортировки и переработки сельскохозяйственной продукции, энергию для производства удобрений. Эти энергетические вложения многократно превосходят мускульную силу человека. Благодаря им многократно повысилась продуктивность обрабатываемых земель. Значит, с территории, где в древности мог прокормиться всего один собиратель съестного, сейчас возможно собрать урожай, достаточный для многих тысяч человек. Пищевые связи значительно изменились, стали сложными, в них включилось множество энергопотреб-

ляющих посредников. В эпоху собирательства первобытных людей на 500 га мог прокормиться только 1 человек, который затрачивал на сбор пищи только собственную мускульную энергию (рис. 87). При появлении примитивного земледелия на 500 га могли прокормиться 100—200 человек, но энергетические затраты на обработку почвы, посев и сбор урожая возросли в 20—30 раз за счет мускульной энергии людей и домашних животных, применения простейших сельскохозяйственных орудий. При современном высокомеханизированном сельском хозяйстве 500 га могут прокормить 2—5 тыс. человек, а энергетические траты за счет работы сельхозмашин и транспорта, применения удобрений и использования механизмов по переработке первичной сельскохозяйственной продукции возросли в 20—50 тыс. раз. Энергетическая цена 1 ккал конечной, потребляемой современным человеком пищи возросла примерно в 10 раз. Стало быть, при сохранившейся с древности физиологической норме в 2500 ккал современному человеку требуется на ее производство уже 25 000 ккал. Но получать ее можно с площади в тысячи раз меньшей, чем в доисторические времена.

Главные особенности пищевых связей современного человечества — их усложнение, удлинение и примерно десятикратное возрастание энергетической цены производства каждой калории конечной пищевой продукции при тысячекратном уменьшении необходимой для этого площади. В результате общая ***экологическая*** *(в данном случае — трофическая, пищевая)* ***емкость среды*** *обитания человечества возросла во много тысяч раз.*

Информационные связи. Все живые существа способны обмениваться информацией с себе подобными для согласования своих действий и ответных реакций на проявление факторов среды. При этом, во-первых, используемые ими сигналы, как правило, просты и конкретны: предупреждение об опасности, сообщение о пище, обращение к половому партнеру или потомству и т. п. (рис. 88, 89). Во-вторых, дистанция их действия ограничена: от непосредственного физического контакта до сотен метров или нескольких километров. В-третьих, информативные сигналы фиксируются крайне редко и в простейшей форме («здесь был я» — через пахучие метки). Например, медведь наносит свою метку как можно выше, чтобы информировать других медведей о своем росте и, следовательно, силе. Накопление такой информации, ее прямая передача и непосредственное использование вторыми и последующими поколениями («внуками» и далее) невозможны.

Информационные связи *в природных популяциях обеспечивают передачу конкретных сигналов на ограниченную дистанцию в течение ограниченного времени.*

У подавляющего большинства видов информационные связи обеспечивают согласованные действия только относительно небольшого числа особей — единиц, десятков, очень редко сотен. Это половые партнеры, семьи, соседи, члены стаи. Исключения составляют общественные насекомые: осы, пчелы, шмели, муравьи. Показательно, что именно эти виды демонстрируют впечатляющие успехи, например в сборе и заготовке пищи. А колонны бродячих муравьев, повергающие в панику всех обитателей тропических джунглей, — убедительная иллюстрация мощи согласованных действий миллионов особей, их непреодолимого давления на окружающую среду.

Уровень развития информационных связей в человеческом обществе качественно иной. Во-первых, человек создал систему сложных сигналов — слов и фраз, в которых кодируется любая информация: как конкретно-описательная, так и абстрактно-логическая. Во-вторых, человек разработал технические средства, благодаря которым дальность действия информационных сигналов в пределах Земли стала практически безграничной, а скорость их передачи практически мгновенной. В-третьих, человек научился фиксировать информацию (рисунки, письменность, магнитная и электронная память), накапливать ее (книги, архивы, музеи, фоно- и видеотеки, информационные банки) и передавать в пользование всем последующим поколениям.

Рис. 88.
Бурый медведь маркирует дерево пахучей меткой

Информационные связи человечества насыщены сигналами любой сложности, они способны не только единовременно охватить всю ныне живущую видовую популяцию, но и адресованы всем будущим поколениям.

Очевидно, что такой уровень развития информационных связей обеспечивает согласованные обществен-

Рис. 89.
Позы, несущие разную информационную нагрузку у собак

ные действия большого числа людей, в том числе неродственных друг другу: многих сотен, тысяч, миллионов. Это производственные, научные, образовательные, военные и иные коллективы, жители городов и поселков, население государств. В принципе они способны обеспечить координацию взаимодействий всей видовой популяции, человечества в целом. Способность к взаимодействиям со средой обитания в форме согласованных общественных действий означает, что человечеству свойственны *экосоциальные связи с* окружающим миром.

Согласованные действия тысячекратно усиливают мощь давления человеческих коллективов на среду обитания, несоизмеримого с ее способностью к сопротивлению. Это обстоятельство таит в себе угрозу полного разрушения природы Земли. Поэтому коллективное воздействие на природную среду безотлагательно требует разумного, осторожного управления, ориентированного на перспективу устойчивого развития человечества и природы.

- **Информационные связи. Экологическая емкость среды. Экосоциальные связи.**

- **Качественные изменения трофических и информационных связей, преобразование всего комплекса экологических связей в социально-экологические (экосоциальные) обеспечили быстрое развитие согласованных действий людей по существенному расширению экологической емкости среды обитания человечества.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Системы организации жизни муравейника или пчелиной семьи выглядят примерами образцовых социальных структур и идеального порядка. Поражают воображение четкость распределения самых разных обязанностей и неукоснительность их выполнения каждой внутрисемейной кастой. У муравьев, например, сложилась схема последовательной смены функций одной и той же особи по мере ее взросления. Любопытно, что самые опытные муравьи работают как бы наставниками, помогающими новичкам-фуражирам наиболее полно осваивать пищевые ресурсы на прилегающей к гнезду территории. В социуме муравейника есть, однако, принципиальная и крайне важная особенность: только отдельные особи (самка и один или несколько самцов) способны размножаться, а тысячи и миллионы живых существ — рабочих самок — лишены возможности самовоспроизведения, генетического продолжения, т. е. права на реализацию главного свойства жизни (см. § 1).

2. Единственный известный на сегодня аналог структуры семьи общественных насекомых среди позвоночных животных — подземные колонии мелких, слепых, безволосых грызунов из Восточной Африки — голых землекопов. В их семьях имеется по одной размножающейся самке (матке), по 2—3 половозрелых самца и от многих десятков до нескольких сотен стерильных особей: «рабочих» (коллективно роют длинные подземные ходы в поисках корма), «солдат» (защищают колонию от врагов) и других «специалистов», притом функции у них меняются с возрастом, как у муравьев.

❑ **Вопросы. 1.** Информационные (коммуникативные) связи у животных достаточно разнообразны. Какого рода сигналы (звуковые, зрительные, химические и т. п.) наиболее характерны для:
— насекомых;
— рыб;
— лягушек;
— змей;
— китов;
— приматов?
2. Каким животным и в какой форме свойственна химическая сигнализация? **3.** Каковы социальные особенности трофических и информационных связей человечества? **4.** Какую информацию сообщают собаки на рисунке 89 своими позами? Кому она адресована — врагу, другу, более сильному псу?

❑ **Задания. 1.** Проследите историю развития средств передачи информации на расстояние в человеческом обществе. **2.** Сравните различные современные формы хранения информации, опишите их достоинства и недостатки.

ВСПОМНИТЕ

Использование орудий животными

Обеспечение организма энергией

Адаптации

Преобразование среды обитания животными

§ 25. Использование орудий и энергии

Орудийная деятельность. Подавляющее большинство видов животных воздействует на среду только через свои индивидуальные качества (сила, скорость, маневренность) с использованием «личного оружия»: зубы, клювы, когти и т. п. (главным образом для нападения), быстрые ноги, камуфляж, прочные покровы, ядовитые железы и т. п. (главным образом для защиты). Эти средства помогают животным трудиться с большей отдачей от энергетических трат: успешнее добывать пищу, обороняться от врагов, строить жилища. Лишь очень немногие виды птиц и млекопитающих научились повышать эффективность своего труда по добыванию пищи с помощью различных предметов (костей, палок, камней, колючек и т. п.). Такие случаи в природе исключительно редки.

Человек свое личное природное «оружие» — руку — намного удлинил и усилил с помощью самых разнообразных орудий охоты и труда. Древние люди с помощью копья могли добывать животных с расстояния 10—20 м. Современные охотники добывают дичь с помощью обычного ружья на расстоянии 30—50 м, а винтовки — до 100 м и далее. Мощные космические ракеты могут быть использованы в будущем для предотвращения падения на Землю крупных астероидов (типа Тунгусского метеорита и крупнее), уничтожая их (или изменяя траекторию дальнейшего полета) на расстоянии сотен тысяч километров от нашей планеты (рис. 90). У первобытных людей орудийная деятельность начи-

1 млн лет назад | Современность | Будущее

Рис. 90.
Увеличение дистанции поражения цели вооруженным человеком

налась с использования готовых предметов (камни, палки), качество которых впоследствии они научились улучшать за счет первичной обработки (обтесывание, обкалывание, привязывание). В настоящее время все орудия труда специально изготовляются человеком.

В природных популяциях орудийная деятельность — редкое исключение. Человечество, напротив, самое мощное давление на природу оказывает опосредованно, через орудия, машины, механизмы. В этом заключается еще одно важное отличие экосоциальных связей современного человечества.

Энергетика жизнеобеспечения. Все животные черпают энергию для поддержания жизни в пище, да еще иногда за счет согревания под лучами солнца. Соответственно, производимая ими работа осуществляется только за счет их естественной мощности — мускульной силы.

Единственное исключение на планете составляет человек, который сначала освоил запасы законсервированной солнечной энергии в виде органического топлива: древесины, угля, нефти и газа, а совсем недавно приступил к использованию атомной энергии. Совершенно очевидно, что только освоение человеком энергетических запасов обеспечило появление промышленности, основанной на коренном преобразовании природных материалов (например, выплавка и обработка металлов). Эта уникальная способность человечества позволила ему создать мощный производственный потенциал, почти полностью заменивший мускульную силу в функционировании общеземной системы жизнеобеспечения человечества.

Производимая животными работа может быть направлена на некоторое преобразование среды обитания: постройку гнезд, выкапывание нор, даже сооружение плотин. Но они используют мощность только собственных мышц, а объединение усилий для согласованных действий возможно только в пределах семьи или небольшой группы. Поэтому средопреобразующая деятельность животных незначительна и ограничивается лишь местными участками. Сколько-нибудь масштабные результаты такой микропреобразующей работы проявляются по истечении длительного времени — сотен или тысяч лет.

Мощная энергия, направляемая людьми на изменение среды обитания в целях повышения комфортности своего существования, все быстрее преобразует природную среду: в древности — за тысячелетия, в средние века — за столетия, сейчас — за немногие годы.

Все виды на Земле приспосабливаются — адаптируются к среде обитания, к меняющимся условиям жизни. Только человек с помощью освоенных им энергоресурсов приспосабливает (адаптирует) среду своего обитания к собственным потребностям, коренным образом и в краткие сроки преобразует природу Земли.

❑ **Орудийная деятельность. Адаптации.**	❑ **Будучи биологическим видом по своему происхождению, строению и функционированию организма, человек качественно отличается от всех других существ на Земле особенностями своих экологических связей. Принципиальным экологическим отличием человечества является высокий уровень социальности, наиболее отчетливо выраженная в невозможности для современных людей жить вне общества. Человечество способно также кардинально изменять среду обитания и расширять ее экологическую емкость благодаря способности к согласованным действиям большого числа людей, уникальной энергообеспеченности, использованию самых разных орудий труда и совершенному развитию информационных связей. Эти качественно новые для всего живого на Земле свойства позволяют рассматривать взаимосвязи человечества с природой как *социально-экологические (экосоциальные)* а самого человека считать уникальным *биосоциальным* видом.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Орудийная деятельность выявлена у насекомых, птиц, млекопитающих. Орудием считается любой посторонний предмет, который используется животным как продолжение какой-либо части тела (челюстей, клюва, лапы) для достижения определенной цели (чаще всего — для получения пищи).

Живущий на Галапагосских островах дятловый вьюрок выгоняет насекомых из их ходов и трещин древесной коры тонкой палочкой или колючкой кактуса. В Африке хищная птица — стервятник умеет разбивать прочную скорлупу страусиных яиц, бросая на них клювом камни (рис. 91). Необычные случаи орудийной деятельности наблюдали во Флориде, США. Возле скопления туристов голубая цапля подбирала несъедобные для нее зерна воздушной куку-

рузы и бросала их на мелководье, приманивая рыбок, которыми она питается. Всего выявлено около 30 видов птиц, способных использовать орудия для добывания пищи.

В северной части Тихого океана живут каланы (морские выдры). Плавая на спине, они разбивают раковины моллюсков и панцири морских ежей о плоские камни, которые кладут себе на грудь. В Африке шимпанзе добывают термитов, засовывая стебелек травы или тонкий прутик в термитник, а затем слизывая с него насекомых. Они также пользуются палками, чтобы разрушать гнезда диких пчел и добывать мед, выковыривать личинок из трухлявых

Рис. 91.
Африканский стервятник использует камень, чтобы разбить слишком твердую для его клюва скорлупу яйца страуса

Рис. 92.
Шимпанзе использует подставку из ящиков, чтобы дотянуться до высоко подвешенных бананов

пней или выкапывать съедобные корни из земли. В неволе шимпанзе используют палки и разного рода подставки, чтобы дотянуться до высоко подвешенных фруктов (рис. 92).

2. Случайное использование и, возможно, поддержание первобытными людьми зажженного молнией огня насчитывает около 0,5 млн лет. Примерно 50 тыс. лет назад человек сам научился добывать огонь от искр при ударе кремнем о кремень или с помощью трения. Около 20 тыс. лет назад потребление энергии всеми людьми было в 10 млн раз меньше, чем сейчас. Именно за счет этого миллионнократного роста использования найденных и присвоенных человеком запасов солнечной энергии, законсервированной в органическом топливе, создан и функционирует весь комплекс современного жизнеобеспечения человечества.

Но если бы никто из наших отдаленных предков, греясь у подожженного молнией дерева, не догадался подбросить в угасающий костер несколько новых веток, мы так бы и жили сейчас в пещерах.

❑ **Вопросы. 1.** В чем заключаются основные отличия использования орудий животными и человеком? **2.** Каким образом обеспечивают себя энергией животные? **3.** В чем заключаются принципиальные особенности энергетики жизнеобеспечения человечества? **4.** Приведите дополнительные примеры орудийной деятельности животных: насекомых, рыб, птиц, млекопитающих.

❑ **Задания. 1.** Понаблюдайте за использованием посторонних предметов дикими или домашними животными. С какой целью они это делают? В каких из этих случаев манипулирование предметами может считаться орудийной деятельностью, а в каких — игрой? **2.** Приведите известные вам примеры преобразования среды животными и человеком (желательно в вашей местности). Сравните формы и масштабы этой деятельности.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Любая современная семья может получать пищевую энергию разными способами:

— через свойственные всем видам животных и подробно описанные в первой части учебника непосредственные трофические связи без вложения дополнительной энергии (например, собирая в лесу ягоды);

— с использованием энерговложений в виде собственной мускульной силы с помощью простейших орудий труда (например, обрабатывая свой участок земли лопатой, вилами, мотыгой и т. п.);

— опосредованно, с использованием денег как энергетических эквивалентов (например, покупая готовые продукты в магазине).

Какую примерно часть пищевой энергии ваша семья получает каждым из рассмотренных способов? **2.** Энергетические вложения в жизнеобеспечение современного человечества продолжают возрастать. Есть ли пределы этому росту? Если да, чем они определяются? Как скоро и каким образом может прекратиться прирост энерговооруженности человечества? Каковы будут последствия?

ВСПОМНИТЕ

Происхождение и ранние этапы эволюции человека

Абиотические факторы среды

§ 26. История развития экологических связей человечества. Древние гоминиды

Самые древние предки человека — *гоминиды*, или *пралюди*, — возникли 5—8 млн лет назад (рис. 93). Это произошло на юге (вероятно, в Восточной Африке). Поэтому первые из известных ныне гоминид получили название *австралопитеки* (от лат. australis — южный). Среди них 2—3 млн лет назад выделился род *человек* (Homo). Его первые представители — *древнейшие люди*, в том числе *человек умелый* (Homo habilis) и *человек прямоходящий* (Homo erectus), к которому относят *питекантропов* и *синантропов* (300 тыс. — 2 млн лет назад). Им на смену пришли *древние люди* — *неандертальцы* (Homo neandertaliensis), исчезнувшие относительно недавно — примерно 40 тыс. лет назад. В это же время (40—50 тыс. лет назад) появились *кроманьонцы* — прямые предки *современных людей*, вместе с которыми они составляют единый вид — *Человек разумный* (Homo sapiens). Некоторые исследователи считают неандертальцев и современных людей вместе с кроманьонцами еще более близкими родственниками — подвидами этого вида.

В предыдущих параграфах было показано, что важнейшая экологическая особенность человечества — существенно меньшая его зависимость от среды обитания по сравнению со всеми другими видами животных. Все бóльшая *независимость* (*эмансипация*) *от среды* формировалась за счет постоянного изменения характера самых разных экологических связей человека со времени его возникновения до наших дней. Поэтому важно проследить, каким образом менялись взаимосвязи человека с природой, на каких этапах происходили наиболее значимые изменения, обеспечивающие человечеству все бóльшую эмансипацию от среды.

Трофические связи для всех животных самые значимые. Они подробно описаны в первой части учебника. Пищевые объекты и их потребители обречены на извечное «соревнование» друг с другом в совершенствовании приспособлений для защиты и нападения. Временные преимущества в этой «гонке адаптаций» получают то те, кто едят, то те, кого едят. Соответственно, добывающие и добываемые виды поочередно испытывают угнетение или процветание.

На таких же «качелях» балансирует и система конкурентных отношений, в которых всегда активно участвовал человек — очевидный победитель во всех видах экологических соревнований. Проследим основные этапы истории развития его экологических связей.

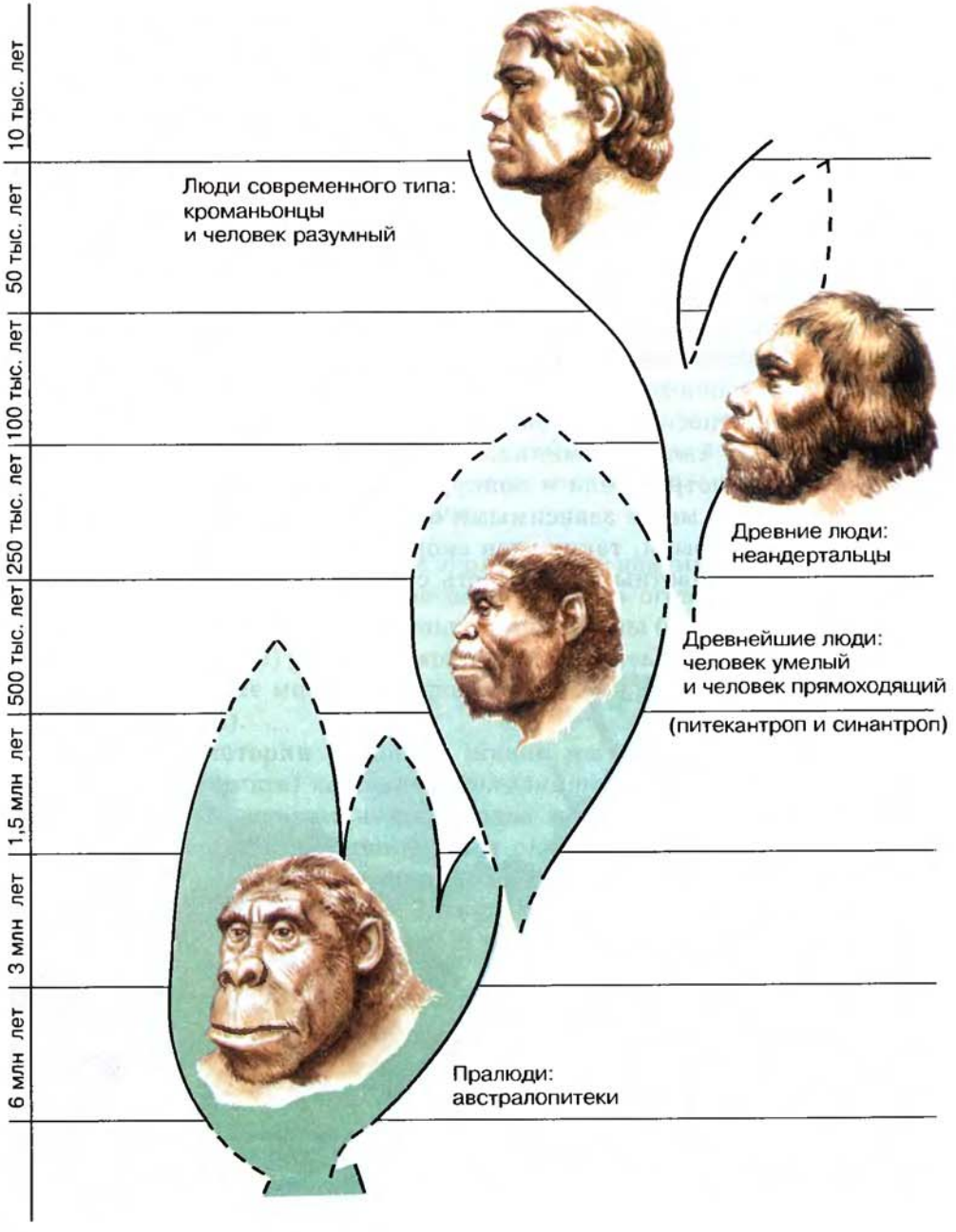


Рис. 93.
Родословное древо гоминид

2 млн лет назад. Первые появившиеся на Земле гоминиды в течение длительного времени не имели принципиальных экологических отличий, например, от других приматов. Но еще до появления первых людей поздние пралюди (австралопитеки) около 3 млн лет назад приобрели экологически важные навыки — стали использовать кости, камни и палки в качестве примитивных орудий. Принципиально новый шаг совершили первые люди около 2 млн лет назад, когда они научились специально изготавливать простейшие *орудия труда и охоты* из камня, кости и дерева. Эти самые первые на Земле мастера-умельцы получили лестное видовое имя — человек умелый.

Пришедшие на смену древнейшим людям неандертальцы еще более искусно изготовляли самые разнообразные орудия труда и охоты.

Эти немаловажные экологические приобретения, несомненно, изменили прежнее относительное равновесие в сложившихся трофических и конкурентных связях гоминид. В очевидном выигрыше оказались «вооруженные» потребители и конкуренты. Используя орудия, добытчики становились менее зависимыми от природных защитных качеств потенциальной добычи, таких, как скорость бега, осторожность, прочность шкуры у животных, укрытость съедобных частей растений под землей и т. п.

Рис. 94.
Первобытный костер: кухня, столовая и центр социального общения

Предполагают, что первые орудия использовались не только для охоты, но и для разделки туш крупных животных с прочной кожей. Появилась возможность качественно улучшать рацион за счет животного белка и, что особенно важно, обеспечивать пищей одновременно несколько семей. Места разделки крупных туш и дележа добычи становятся своеобразными центрами формирования групп потребителей мяса, что привносит *элементы социальной организации* в их поведение. Благодаря повышению эффективности охоты у первобытных людей появилось свободное от добывания пищи время и для общения друг с другом (рис. 94).

Первый этап изменения экологических связей поздних пралюдей и ранних людей характеризовался применением примитивных орудий. В результате пищевые ресурсы стали им намного доступнее, а при коллективном их добывании и потреблении возникли предпосылки для первоначальной социальной организации совместно питающихся групп.

500 тыс. лет назад. Следующим экологически значимым достижением древнейших людей стало умение поддерживать огонь. Примерно полмиллиона лет назад или даже раньше синантропы (относятся к виду человек прямоходящий) уже регулярно пользовались огнем. Они умели непрерывно, в течение многих лет поддерживать принадлежащий племени костер (рис. 94).

Впервые в истории развития жизни на Земле появился постоянный (помимо пищи) *источник дополнительной энергии.* Это приобретение оказалось как нельзя более кстати, поскольку в северном полушарии Земли потепления и оледенения сменяли друг друга, а гоминиды активно расселялись из тропической Африки в умеренные зоны на север и восток. Зависимость человека от климата (прежде всего от низких температур) и крупных хищников значительно ослабла.

Обогреваемые костром жилища становились все более притягательными для жизни и общения, способствовали обмену информацией, служили укреплению *социальных связей.*

В экологическом плане горение дров в первобытном костре — это самый первый и потому самый значимый шаг человечества к поиску других источников скрытой энергии, новых и все более эффективных энергоносителей, который привел в конечном итоге к беспрецедентному усилению давления одного вида — человека — на природу всей планеты.

- **Гоминиды, или пралюди: австралопитеки. Древнейшие люди: человек умелый, человек прямоходящий (питекантропы, синантропы). Древние люди: неандертальцы. Современные люди: кроманьонцы, человек разумный. Независимость (эмансипация) от среды. Орудия труда и охоты. Элементы социальной организации. Социальные связи.**

- **Экологическим последствием изготовления и использования орудий, а также овладения огнем стала качественно новая ступень в эмансипации древних людей от влияния неблагоприятных факторов среды, в упрочении их социальных связей и освоении скрытой энергии. Этим были заложены основы дальнейшего господства человека над природой.**

Примеры и дополнительная информация

Экологические предпосылки возникновения человека. Где появились пралюди — на просторах саванны или по берегам речных заводей? Кто предшествовал человеку — Великий охотник или Водяная обезьяна? Эти две гипотезы активно обсуждаются специалистами.

1. Согласно широко распространенной точке зрения, лесные предшественники гоминид (прагоминиды) 5—8 млн лет назад спустились с деревьев на землю, вышли из лесов и заселили жаркие саванны Восточной Африки, где от собирательства съедобных растений перешли к охоте (рис. 95). Необходимость улучшения обзора местности с целью обнаружения добычи или врагов вынуждала их регулярно привставать с четверенек, а затем привела к передвижению на задних ногах. Вертикальное положение, как полагают, позволяло быстрее, выносливее и, главное, целенаправленнее бегать, а также несколько (примерно на треть) ослабляло обжигающее воздействие на обнаженное тело прямых солнечных лучей.

Рис. 95.
Гипотеза «Великого охотника». Пралюди в саванне поднялись с четверенек, чтобы дальше видеть поверх высокой травы, быстрее бегать и успешнее охотиться

Главное и несомненное преимущество прямохождения — высвобождение передних конечностей для самых разнообразных действий: схватывания добычи, манипулирования посторонними предметами, использования орудий и т. п. Вот уже более сотни лет большинство ученых, начиная с Чарлза Дарвина («Происхождение человека и половой отбор», 1871), придерживаются именно этой гипотезы экологической мотивации происхождения древних гоминид. Аргументированно она изложена в исследованиях знаменитой семьи антропологов: супругов Луиса и Мэри Лики, их сына Ричарда Лики, а также в книге Роберта Фоули «Еще один неповторимый вид» (1990).

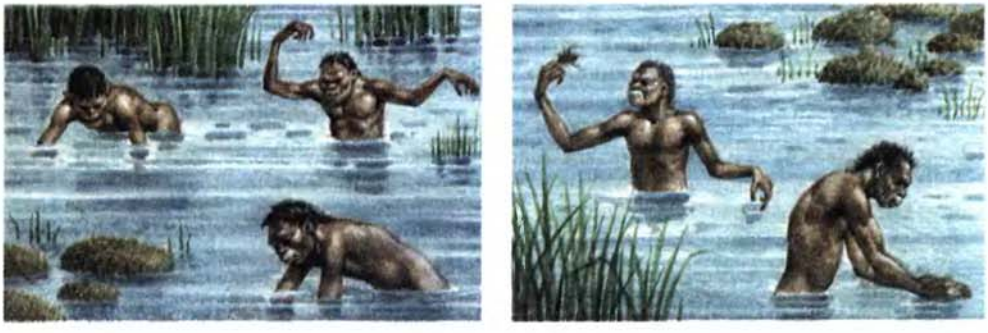


Рис. 96.
Гипотеза «Водяной обезьяны». Прагоминиды поднялись на ноги, чтобы заходить в воду и отыскивать на отмелях и мелководьях пищу

2. Позднее известный шведский путешественник, зоолог и антрополог Ян Линдблад выдвинул оригинальную гипотезу околоводного происхождения предшественников гоминид (рис. 96). В своей ярко написанной полемической книге «Человек — ты, я и первозданный» (1991) он приводит стройную систему фактов и логических построений, позволяющих предполагать, что прагоминиды жили на илистых отмелях, собирая по берегам и на дне упавшие с деревьев плоды, моллюсков и других водных животных. На более глубокой воде им приходилось подниматься на задние конечности, чтобы дышать или переходить вброд небольшие речки. Сформировалось прямохождение. А намокающий волосяной покров, напротив, становился ненужным и постепенно исчезал; тепло в воде обеспечивал жировой слой. Так возникли безволосые, способные перемещаться на двух ногах ранние гоминиды. Интересны некоторые детали этой гипотезы, проливающие свет на дальнейшую эволюцию пралюдей к человеку. Отыскивание пищи в иле на ощупь требовало подвижности пальцев передних конечностей — немаловажное обстоятельство превращения их в руки. Добытые на дне моллюски подчас имели крепкие раковины, которые удобно было разбивать камнями. Наконец, высасывание содержимого через пробоины в раковинах развивало подвижность губ и языка, что могло сыграть впоследствии решающую роль в возникновении способности артикулировать произносимые звуки, складывать их в членораздельную речь. Гипотеза выглядит убедительно, хотя есть у нее и критики. Ответить им Ян Линдблад, увы, уже не сможет: через неделю после завершения рукописи своей книги он скончался на острове Шри-Ланка.

❑ **Вопросы. 1.** Назовите и кратко охарактеризуйте представителей гоминид или пралюдей, древнейших, древних и современных людей. **2.** Где и при каких условиях возникали предпосылки для социального общения первобытных людей?

❑ **Задания. 1.** Составьте хронологическую таблицу зволюции гоминид и человека с указанием радикальных изменений их экологических связей. **2.** Если вас заинтересовала история развития социальных связей человечества, прочтите книгу Рони Старшего «Борьба за огонь». Как вы думаете, в какую эпоху происходили описываемые в книге события? Какие формы гоминид в них участвовали?

❑ **Тема для дискуссии.** Выше были приведены две гипотезы, касающиеся среды обитания предшественников человека. Разделитесь в классе на сторонников гипотез «Великого охотника» и «Водяной обезьяны». Аргументируйте свои позиции.

ВСПОМНИТЕ

Этапы эволюции человека

Членораздельная речь

Абстрактное мышление

Культурные растения и домашние животные

§ 27. История развития экологических связей человечества. Человек разумный

50 тыс. лет назад. На это время приходится появление человека разумного (Homo sapiens), к которому относят кроманьонцев и современных людей. Этот период формирования экологических связей человечества представляет собой качественный этап в их развитии. Возникла принципиально новая форма внутрипопуляционных коммуникативных связей — *членораздельная речь* и сопутствующее ей образное, *абстрактное мышление*. Время появления речи установить невозможно, однако общепризнано, что 30—40 тыс. лет назад она была хорошо развита у кроманьонцев, ранних представителей нашего вида. Главное преимущество речи перед иными сигналами заключается в ее беспредельной информационной емкости. С помощью речи собравшиеся у очага члены кроманьонского племени могли обмениваться опытом своей индивидуальной деятельности, планировать предстоящие действия (охоту, перемещение стойбища и т. п.), обсуждать их результаты, обучать полезным навыкам детей и подростков.

Положительную роль сыграло развитие еще одного человеческого качества — *альтруизма*, т. е. бескорыстной заботы о других людях. Благосклонное отношение даже к физически немощным, но умудренным жизненным опытом старикам позволило создавать и передавать потомкам «банки устной информации», накопленные ими знания и навыки, что способствовало формированию простейшей системы образования детей и подростков.

Все это обеспечивало согласованные действия, способствовало успешности собирательства и особенно охоты, т. е. повышало эффективность трофических связей, а следовательно, и выживаемость людей.

Изобразительное искусство кроманьонцев — реалистические изображения животных на стенах пещер Франции и Испании известны всему миру. Некоторые «полотна» представляют собой весьма информативное отображение охотничьих сцен, похожих на инструкции по организации успешной охоты (рис. 97). Рисунки, созданные кроманьонцами 15—35 тыс. лет тому назад, можно считать началом эпохи *фиксирования информации*.

Появление способности к накоплению, обобщению и передаче индивидуального и коллективного опыта, фиксирование информации, овла-

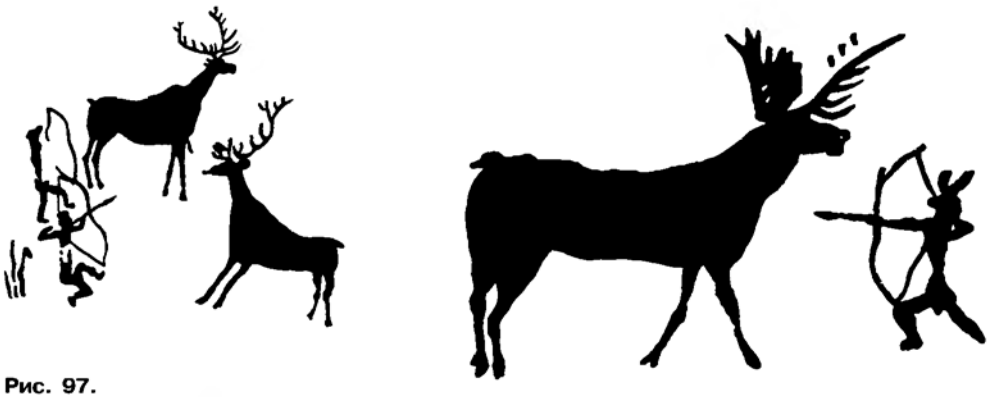


Рис. 97.
Охота кроманьонцев.
Наскальный рисунок из пещеры в Испании

дение устной речью заложили основы новой формы внегенетического приобретения полезных качеств и навыков всеми поколениями людей через социальную наследственность. Благодаря этому стала складываться свойственная только человеку система общих экосоциальных связей, материальных и духовных ценностей — началось развитие культуры человечества.

С кроманьонцами связано развитие новой формы информационных связей — человеческой речи, а также накопление устной и фиксированной в наскальных изображениях информации, повышающей эффективность согласованных действий. Все это привело к началу быстрого преобразования экологических связей тогдашнего человечества в экосоциальные, к возникновению социальной наследственности и культуры.

10 тыс. лет назад. Экосоциальные связи человечества непрерывно изменялись, их социальная составляющая становилась все весомее.

Решающим событием в развитии человечества на пути обретения все большей независимости от среды стало *возникновение сельского хозяйства* 10—12 тыс. лет назад. К этому времени последний ледник уже отступал на север, оставляя после себя зарастающие пышными травами равнины. Среди них было немало диких предшественников нынешних культурных злаков: пшеницы, ячменя, ржи и др. Съедобные зерна собирали и заготавливали. Часть из них прорастала. Это было замечено, случайный посев сменился преднамеренным. Так возникло земледелие. Одновременно шло одомашнивание полезных человеку животных: собак, быков, лошадей, коз и др.

Два значимых результата этих событий непосредственно повлияли на характер экосоциальных связей человечества.

Во-первых, земледелие привело к *оседлости*, т. е. к упрочению территориальных связей местных групп населения. Возникали постоянные селения, росли города. В свою очередь, скопление людей означало более высокую степень согласованности действий все большего их числа. В результате создавались, множились и укрупнялись очаги концентрированного и нарастающего давления местных популяций человека на среду обитания.

Во-вторых, качественно изменялись пищевые связи людей, которые за короткий исторический срок (3—5 тыс. лет) перешли от свойственных всем животным экологических форм овладения пищей (собирательство и охота) к принципиально новому, социальному способу — *производству продовольствия*. Такой скачок иногда рассматривается как *социально-экологическая революция*. Появилась возможность повышать урожайность сельскохозяйственных культур за счет дополнительной энергии: поначалу только мускульной силы (своей и домашних животных — буйволов, лошадей), а впоследствии — через работу машин, ирригационных систем, применение химических удобрений и т. п. Эти энерговложения обеспечили относительную независимость человечества от естественных колебаний обилия пищевых ресурсов природного происхождения. Появился мощный резерв наращивания объемов пищи и тем самым увеличения общей экологической емкости среды обитания человечества.

- **Членораздельная речь.**
- **Абстрактное мышление.**
- **Альтруизм.**
- **Фиксирование информации.**
- **Оседлость.**
- **Производство продовольствия.**
- **Социально-экологическая революция.**
- **Экосоциальные связи.**
- **Социальная наследственность.**
- **Культура.**

- **Переход от собирательства и охоты к неведомой в животном мире форме трофических связей — производству пищи — означал следующую, качественно новую ступень независимости человека от среды и существенное возрастание ее экологической емкости. Передача индивидуального опыта, накопление знаний, устная речь и фиксирование информации привели к появлению социальной наследственности и формированию культуры человечества.**

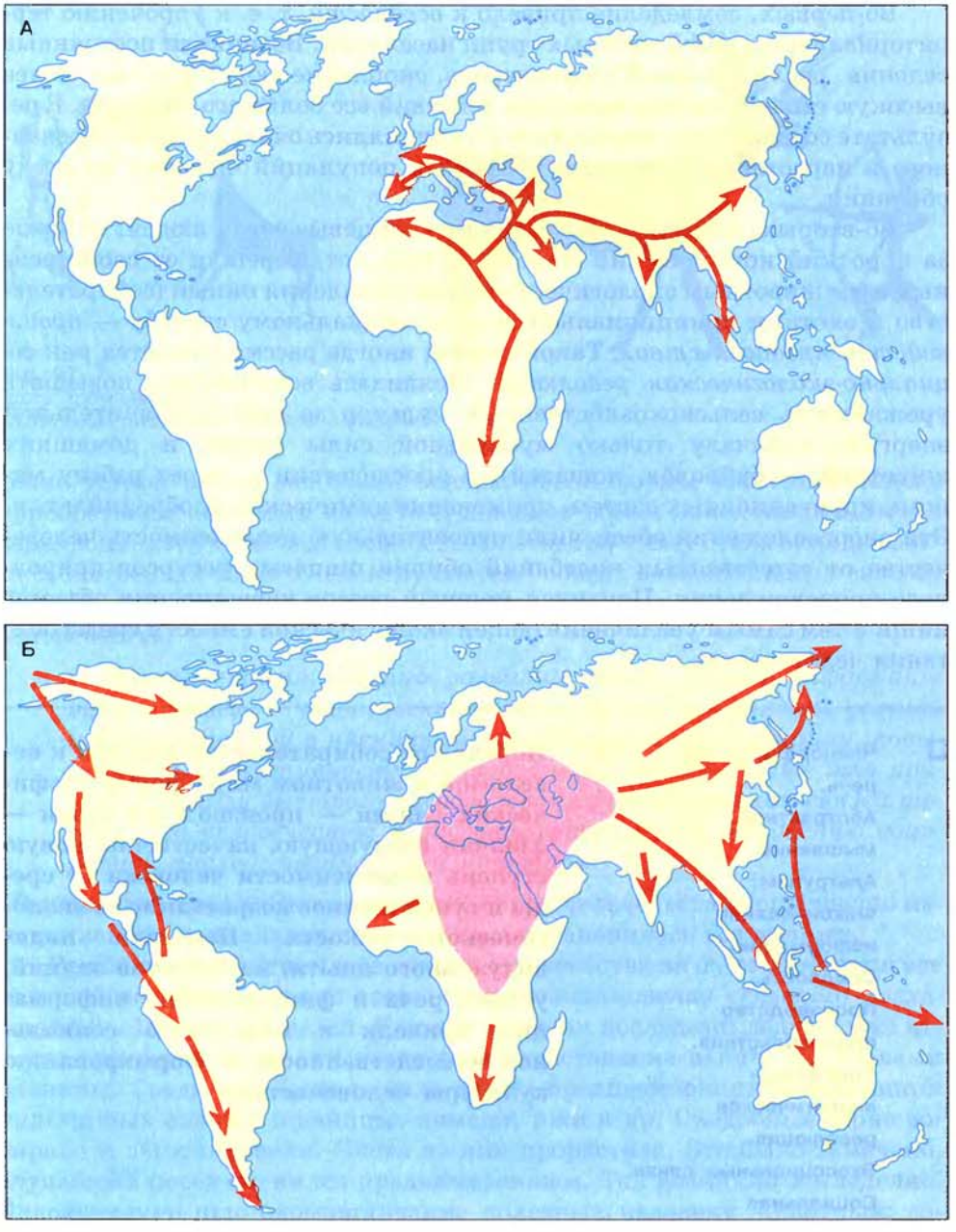


Рис. 98.
Расселение ранних гоминид (*А*) и людей современного типа (*Б*)

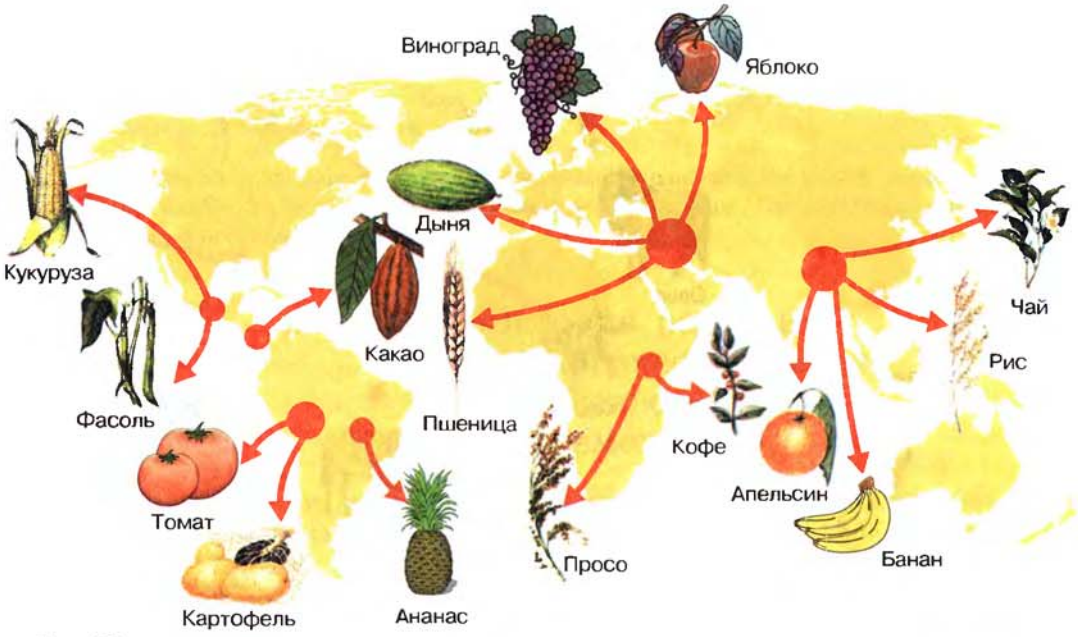


Рис. 99.
Центры происхождения культурных растений

■ Примеры и дополнительная информация

1. Считается, что человек разумный произошел в Северо-Восточной Африке и у восточных берегов Средиземного моря. Из этих районов первые кроманьонцы расселились в Южную Европу, по Южной и Восточной Азии вплоть до Австралии и через северо-восточную оконечность Азии на северо-запад Америки (рис. 98).

2. **Культурные растения.** Всего известно свыше 2 тыс. видов растений, выращиваемых человеком. Но основную сельскохозяйственную продукцию дают всего около 20 видов: рис, пшеница, рожь, ячмень, просо, картофель, бобы и др. Самые древние культурные растения появились около 10 тыс. лет назад. Это пшеница, ячмень, рис, кукуруза, горох, картофель, бананы, кокосовая пальма и др. Позднее других, уже в новой эре, были введены в культуру томаты, сахарная свекла, кофе. Основные центры происхождения культурных растений: Ближний и Средний Восток (зерновые злаки, яблоня, вишня, виноград и др.), Южная Америка (картофель, томаты, каучуковая гевея), Центральная Америка (кукуруза, какао), Индия (огурцы, арбузы, бобы, бананы, апельсины, лимоны, манго), Китай (чай, персик) (рис. 99).

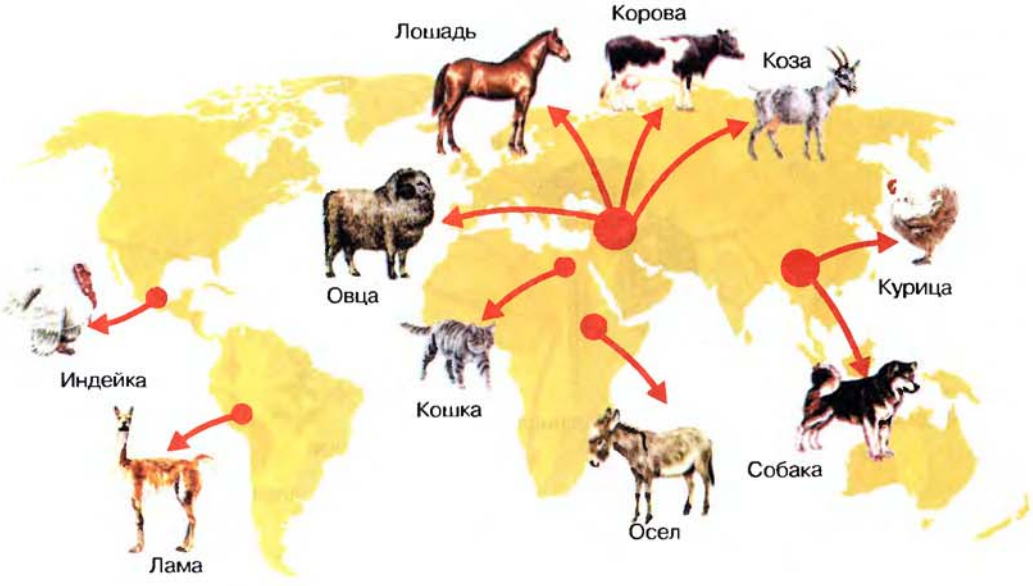


Рис. 100.
Центры происхождения домашних животных

3. **Домашние животные** (таблица по: Реймерс Н. Ф. Популярный биологический словарь, 1991) и центры их происхождения (рис. 100).

Вид	Дикий предок	Первичный центр одомашнивания	Время одомашнивания, тыс. лет назад
Овца	Азиатский муфлон	Передняя Азия	10—9
Коза	Безоаровый козел	Передняя Азия	10—9
Крупный рогатый скот	Тур	Малая Азия, Европа, Северная Африка	8—6
Буйвол	Дикий буйвол	Южная и Юго-Восточная Азия	7—5
Свинья	Дикий кабан	Передняя Азия	9—8
Лошадь	Тарпан	Евразийские степи	6—5
Кролик	Дикий кролик	Европа	3
Куры	Банкивские куры	Южная и Юго-Восточная Азия	6—5
Индюк	Дикий индюк	Северная Мексика	2
Гусь	Серый гусь	Европа, Северо-Восточная Африка, Азия	5—4
Утка	Дикая утка	Европа, Азия (Китай)	4—3

❑ **Вопросы. 1.** Какими средствами достигалась независимость человека от среды? **2.** Какое животное было одомашнено первым? Почему? Как его использует человек сегодня? Сколько известно современных пород этого вида и какие из них вы знаете? **3.** В настоящее время предпринимаются попытки одомашнить новые виды животных. Какие и почему?

❑ **Задание.** Опишите культурные растения, выращиваемые вашей семьей на приусадебном участке, на даче, возле дома, в квартире. Где и когда они были впервые введены в культуру?

ВСПОМНИТЕ

Человеческие расы
Миграции
Промышленность

§ 28. История развития экологических связей человечества. Современность

Развитие человечества ускорялось. Ширились межпопуляционные связи: за счет формирования регулярных транспортных потоков (конные экипажи, верблюжьи караваны, морские суда) ускорился обмен представителями разных континентов, регионов, территорий. В дальнейшем появление железнодорожного, автомобильного и воздушного транспорта еще более облегчило смешение народов и рас. Одно из биологических следствий нарастающего генного обмена заключается в невозможности в будущем обособленной эволюции отдельных рас, что в принципе исключает появление на Земле разных систематических категорий человека (например, самостоятельных подвидов). По этим же причинам невозможно и появление новых человеческих рас.

Мощным стимулом накопления информации стала письменность (оформилась 4—5 тыс. лет назад), что привело к ускоренному развитию *культуры* как общего достояния всей видовой популяции человека.

Освоение всех форм ископаемого топлива (угля, нефти, газа) и высвобождение законсервированной в нем солнечной энергии через работу разнообразных машин и механизмов приобрели особый размах в последние 200—300 лет. Процесс этот, именуемый *промышленной революцией*, вызвал массированное, невиданное ранее давление человека на среду своего обитания, на природу Земли.

> *Характерной особенностью развития экосоциальных связей человечества за последнее тысячелетие была их быстро нарастающая социальность. К настоящему времени она стала несомненно преобладать во взаимоотношениях человечества и природы.*

В экосоциальных связях современных людей все больше социального и все меньше экологического. Очень далеко этот процесс зашел в больших городах. Рост доли городского населения, именуемый *урбанизаци-*

ей, происходит сегодня быстрыми темпами, особенно в развивающихся странах. Практически вся среда обитания человека в городе создана искусственно: многоэтажные бетонные здания, покрытая асфальтом земля, механические средства передвижения и т. п. Небольшие вкрапления: зеленые газоны, деревья и кусты вдоль улиц и во дворах, парки, пруды — только внешне напоминают природные экосистемы и составляют, как правило, ничтожную часть городской среды. При огромной плотности населения (в тысячи раз большей, чем в сельской местности) и оторванности от природных источников существования жизнь людей в городе невозможна без искусственной системы жизнеобеспечения. Она включает подачу энергии (электричество, газ) и пригодной к употреблению (очищенной, обеззараженной) воды непосредственно в жилища, доставку полностью или частично готовых продуктов питания как можно ближе к потребителю, полное и своевременное удаление отходов. Эта весьма сложная система функционирует благодаря согласованным усилиям коллективов людей и разделению труда между ними, с применением технических средств и значительных энергетических вложений, т. е. через *социальные взаимодействия.*

Высокая концентрация людей, промышленности и транспорта в городах неизбежно вызывает ухудшение условий жизни человека. Происходит загрязнение воздуха и воды, повышается шумовой фон, увеличивается потребление искусственных химических соединений (пищевых добавок, лекарственных средств), возрастают стрессовые нагрузки и общий темп жизни. Даже жизненно необходимое потребление кислорода также отягощено высоким уровнем загрязнения воздушной среды. Все это негативно влияет на состояние здоровья городского населения.

Самая тяжелая ситуация возникает при неконтролируемом росте городов в развивающихся странах за счет миграции населения из сельской местности в поисках работы, дающей хоть какие-то средства к существованию. Скученность людей в трущобах без централизованной системы жизнеобеспечения (энергии, воды, канализации) приводит к запредельно низкому уровню их жизни и, соответственно, высокой смертности, особенно детской.

Тенденция роста крупных городов и негативные следствия этого процесса прогнозируются на будущее. Поэтому прежде всего необходимо снижение всех видов загрязнения городской среды и совершенствование (а в трущобах городов развивающихся стран — создание) системы жизнеобеспечения населения. Банальная истина, что все люди, включая жителей самых больших городов, не могут нормально существовать без удовлетворения полного спектра биологических потребностей, настоятельно требует сохранять и восстанавливать их экологические связи. Особенно важны в этом плане расширение возможностей пребывания горожан в природных экосистемах и экологизация городской среды.

❑ **Промышленная революция, урбанизация.**	❑ **С возникновением человека разумного экологические связи человечества качественно изменились. Около 50 тыс. лет они развиваются как экосоциальные. При этом их социальный компонент, особенно в крупных городах, сегодня все более отчетливо доминирует над экологическим.**

■ Примеры и дополнительная информация

Рост городов. До 1955 г. в мире был только один город — Нью-Йорк, население которого превышало 10 млн человек. Далее следовали Лондон (более 8 млн), Токио (7 млн), Париж (свыше 5 млн) и Москва (около 5 млн). Из 15 крупнейших городов мира только 4 находились в развивающихся странах (в порядке убывания: Шанхай, Буэнос-Айрес, Калькутта и Пекин). Всего в городах в это время проживало около 30% мирового населения.

В 1995 г. отметку в 10 млн человек превысили 14 городов мира. Первую пятерку составили Токио (26 млн человек), Нью-Йорк (более 16 млн), Мехико (почти 16 млн), Сан-Паулу (около 14 млн) и Шанхай (14 млн). Из 15 самых крупных городов мира уже 10 находились в развивающихся странах (Мехико, Сан-Паулу, Шанхай, Бомбей, Пекин, Калькутта, Буэнос-Айрес, Сеул, Рио-де-Жанейро, Джакарта). Москва (около 9 млн человек) передвинулась в этом списке на 17-е место. Городские жители составили около 45% мирового населения.

К 2015 г. 7 городов мира, вероятно, превысят 20-миллионный рубеж: Токио (почти 30 млн), Бомбей (свыше 27 млн), Лагос (около 25 млн), Шанхай (почти 24 млн), Джакарта (21 млн), Сан-Паулу и Карачи (свыше 20 млн каждый). Из 15 крупнейших городов мира только 2 будут расположены в промышленно развитых странах (Токио и Нью-Йорк), остальные 13 будут находиться в странах развивающихся (кроме упомянутых выше 6 городов, также Пекин, Дакка, Мехико, Калькутта, Дели, Тяньцзинь и Манила). Численность городских жителей превысит 60% мирового населения.

❑ **Вопросы. 1.** Почему в настоящее время невозможно появление новых человеческих рас? **2.** Каковы плюсы и минусы промышленной революции? **3.** В чем сходство и различие экологических и экосоциальных связей? **4.** Почему идет процесс урбанизации, несмотря на ухудшение жизни в больших городах?

- **Задание.** Найдите на карте мира города и страны, указанные в дополнительной информации к этому параграфу.
- **Тема для дискуссии.** Хорошо известно образное сравнение города с большим муравейником. Каковы аргументы сторонников и противников этой метафоры?

ВСПОМНИТЕ

Энергетическое обеспечение

Информационные связи

§ 29. История развития экологических связей человечества. Будущее

Перспективы развития социальных связей человечества в ближайшем и отдаленном будущем, возможные пределы *социально-экологической емкости* Земли для человека рассматриваются сегодня как самые главные и самые неотложные *глобальные проблемы*. Вопрос, по сути дела, поставлен поистине гамлетовский: «Быть или не быть человеку на планете Земля?»

В XX в. стихийное развитие экосоциальных связей человечества все более отчетливо стало приобретать характер конфликта с природой, который уже достигает критического уровня. Энергетическое могущество, нарастающее давление на среду обернулись масштабным разрушением природы, крупными социальными (мировые войны) и экологическими катастрофами. Экологическую абсурдность некоторых сегодняшних направлений и темпов экономического развития подчеркивает тот непреложный факт, что накопленный к концу XX в. энергетический потенциал (прежде всего ядерный) уже достаточен для уничтожения (намеренного или случайного) всей экосистемы Земли, включая создателя, владельца и «правителя» этого убийственного потенциала — человека.

Еще одна уникальная примета современности — всеохватность и быстродействие информационных связей. Значение происходящей сейчас *информационной революции* двояко. Отрицательные ее следствия — опасность выхода сверхбыстродействующих технологий (например, компьютерных систем, управляющих атомной энергетикой, современной ракетно-ядерной техникой, космическими аппаратами) из-под контроля слишком медленных для этого биологических реакций человека-оператора. Положительный аспект информационной революции — возможность обеспечения согласованных действий человечества в целом. Это позволит создать всемирную стратегию развития человечества через формирование общемировой системы экосоциальных связей, обеспечивающих устойчивое сосуществование и развитие общества и природы.

Социальным ответом человечества на возникшую угрозу глобального *экологического кризиса* стало набирающее силу всеобщее *природо-*

охранное движение. Очень непростые проблемы устойчивого развития человечества и природы пытаются решать на всех уровнях: международном, государственном, местном. Повсюду в мире функционируют государственные органы природоохранного профиля, принимаются законодательные акты, активно действуют тысячи местных, национальных и международных обществ, движений и иных объединений. Формируется система *экологического образования.*

XX век породил экологические проблемы и тревоги. Надежды на разумное их разрешение обращены в век XXI.

> *Определяющие черты развития экосоциальных связей человечества в будущем: реальная угроза всеобщего экологического кри-зиса и реальная надежда на его предотвращение, благодаря широкому природоохранному движению и всеобщему экологическому образованию.*

Два главных процесса определяют историю развития экосоциальных связей человечества:

— нарастающая эмансипация человека от среды обитания;

— нарастающая его энерговооруженность, влекущая за собой беспрецедентное усиление давления одного вида на среду своего обитания, на биосферу Земли.

Человечество развивается с ускорением. Появившись около 50 тыс. лет назад, человек разумный, образно говоря, мчится все стремительнее. Он ворвался в XXI век, что бы бежать неведомыми дорогами третьего тысячелетия. Вопрос вопросов: как долго?

- **Информационная революция. Экологический кризис. Природоохранное движение. Экологическое образование.**

- **В конце XX в. стихийное развитие экосоциальных связей привело к угрозе всемирного экологического кризиса. Его предотвращение — глобальная цель человечества в XXI в.**

■ Примеры и дополнительная информация

Ускорение развития человечества эффектно представил философски настроенный инженер из Швейцарии Г. Эйхельберг. Свою работу он опубликовал задолго до новых открытий, отодвинувших время происхождения человека на 2 млн лет в глубь веков. Хотя абсолютные

цифры требуют в этой связи современных поправок, образ бегуна-марафонца по-прежнему впечатляет:

«Предполагается, что возраст человечества 600 тыс. лет. Представим себе движение человечества как марафонский бег на 60 км. Большая часть 60-километрового расстояния проходит по очень трудному пути — через девственные леса. Мы мало знаем эту часть, так как только в конце — на 58—59-м километре бега — встречаем вместе с первобытными орудиями рисунки пещерных людей как первые признаки культуры, и лишь на последнем километре пути появляется все больше признаков земледелия. За 200 м до финиша дорога уже покрыта каменными плитами — мы минуем римские крепости. За 100 м до финиша наш бегун пробегает через средневековые города. До финиша остается еще 50 м; там стоит человек, который умными и понимающими глазами следит за бегом, — это Леонардо да Винчи. Остается только 10 м! Они начинаются при свете факелов и при скудном свете масляных светильников. Но при стремительном рывке на последних 5 м происходит чудо: свет заливает ночную дорогу, шумят машины на земле и в воздухе, и пораженный бегун ослеплен прожекторами фото- и телекорреспондентов...»

Вопрос. Каковы положительные и отрицательные результаты информационной революции?

Задание. Выясните, какие организации и общества проводят работу по охране природы в вашей местности. Участвует ли ваша школа в природоохранном движении? Если да, то в каких формах?

Тема для дискуссии. Опасный для экосистемы Земли результат развития современных технологий — несовместимость их быстродействия с недостаточной скоростью реакций человеческого организма. Предложите свои решения этой проблемы.

Глава 5

Экологическая демография

«...Любое органическое существо естественно размножается в столь быстрой прогрессии, что, не подвергайся оно истреблению, потомство одной пары очень скоро заполонило бы весь земной шар» (Чарлз Дарвин. «Происхождение видов...». 1859).

Может ли человечество «заполонить весь земной шар»? Если да, то как скоро и каким образом? Сколько нас, людей, на Земле было, есть и будет через десяток лет? через полвека? через столетие?

Такие вопросы задаются сегодня все чаще и чаще. Не только из любознательности, но и с тревогой.

ВСПОМНИТЕ

Популяция
Демография
Экологические факторы
Экологическая емкость среды

§ 30. Социально-экологические особенности демографии человечества

Фундаментальные экологические закономерности изменений численности природных популяций приобретают особое значение в приложении к человечеству в поисках ответа на главный сегодня экологический вопрос: как человеку выжить на Земле?

Изменения размеров популяций любого вида, как вы уже знаете, происходят не беспорядочно, а в соответствии с определенными экологическими закономерностями.

«Рост численности популяций любого вида в природе никогда не бывает бесконечным» — написано в § 13 учебника. А к человеку этот вы-

вод приложим? Ведь ограничителем роста численности любой популяции является экологическая емкость среды ее обитания. Но экологическая уникальность человека, как показано в предыдущей главе, состоит в способности кардинально расширять среду своего обитания. Человечество блестяще это продемонстрировало за время существования на Земле, освоив всю территорию нашей планеты. Так в какой мере человек подчиняется общеэкологическим законам в отношении изменений своей численности? И может ли он корректировать их действие социальными путями? Или, иными словами, каковы социально-экологические особенности роста численности человечества?

Народы, населяющие разные континенты, регионы и страны, живущие в разных природно-социальных условиях, с точки зрения экологии могут рассматриваться как географические популяции человека. Население всей планеты, т. е. человечество в целом, — это глобальная или общемировая популяция человека. Изменения численности и структуры популяций человека изучает *демография*. Демографические закономерности в приложении к человечеству имеют как общие экологические черты, так и свои характерные особенности. Отличия демографии человека определяются уникальным его положением в системе животного царства как единственного на Земле биосоциального вида.

Численность человечества определяется соотношением рождаемости и смертности. В этом человек подобен любому биологическому виду. Как подметили еще более сотни лет тому назад (например, Чарлз Дарвин и другие исследователи), способность к размножению таит в себе потенциальную возможность наращивания численности в геометрической прогрессии, т. е. увеличение ее в принципе до бесконечности. В природе, благодаря сопротивлению среды, эту возможность не реализует ни один биологический вид. А каковы в этом плане возможности биосоциального вида — человека?

Рассмотрим применительно к человеку особенности проявления четырех наиболее характерных *экологических факторов*, эффективно ограничивающих потенциально бесконечный рост природных популяций. Это климат, хищники, болезни и пища.

Климат. По способности заселять любые климатические зоны человек не имеет себе равных среди биологических видов. Естественно, что районы с оптимальным для него климатом, где легче обеспечить жизненный комфорт, охотнее заселяются людьми, чем территории с экстремальными условиями существования (полярные зоны, пустыни, высокогорья). Способность изготавливать одежду, строить жилье, использовать дополнительную энергию для регулирования температуры и влажности, т. е. разнообразная социально-экономическая и техническая деятельность, позволила человеку почти полностью нейтрализовать отрицательное воздействие неблагоприятного климата на демогра-

фические процессы. В настоящее время климатические условия оказывают незначительное влияние на расселение людей по земному шару.

Климатический фактор, прямо или косвенно влияющий на численность и распределение большинства наземных видов, над человеком в этом отношении уже не властен.

Хищники. Как свидетельствуют раскопки поселений первобытного человека, древние люди нередко оказывались жертвами крупных хищников. Но овладение огнем и орудиями охоты многократно усилило могущество человека и обеспечило ему превосходство даже над самыми крупными и сильными животными.

В настоящее время хищники не оказывают ни малейшего влияния на численность человечества.

Болезни. Несколько столетий тому назад (в Европе — с XIV по XVII в.) губительные *эпидемии* чумы, холеры, оспы и других инфекционных болезней, опустошая города и страны, заметно замедляли рост численности населения. Прогресс науки и медицины позволил справиться с этими заболеваниями. Сейчас они уже не влияют на демографические процессы. На роль основных факторов преждевременной смертности в индустриальных странах Европы и Северной Америки выдвинулись заболевания иного характера: сердечно-сосудистые, онкологические (раковые), легочные и др. Их тяжелые проявления в значительной мере вызваны неблагоприятными следствиями экономического развития: загрязнением среды, нервными перегрузками из-за чрезмерно высокого темпа жизни и недостаточностью физических нагрузок (гиподинамией). Эти болезни чаще всего сокращают жизнь в старших возрастных группах. В меньшей мере они затрагивают молодые и средневозрастные, т. е. репродуктивные, способные к размножению, поколения, а поэтому существенно не влияют на темпы размножения и рост численности населения.

Однако в последние десятилетия внезапно проявила себя новая инфекционная болезнь — *синдром приобретенного иммунодефицита* (СПИД). Он впервые был обнаружен в 1981 г. в Калифорнии (США), а в 1987 г. — в России. Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) передается через кровь, например при многократном использовании шприцев, или половым путем. СПИД поражает иммунную систему организма, который становится беззащитным против любых других болезней. Инкубационный (скрытый) период от инфицирования до болезни может составить от полугода до 5 лет и более. Лекарств, позволяющих полностью вылечить больных СПИДом, нет, и потому пока не удалось спасти ни одного заболевшего им человека. СПИД поражает в первую очередь репродуктивные поколения. Широкое обследование населения показало катастрофический рост количества ВИЧ-инфицированных во всех стра-

нах мира. Ежедневно их число возрастает на тысячи человек, а всего в начале XXI в. количество ВИЧ-инфицированных жителей планеты исчисляется десятками миллионов.

Стремительное распространение ВИЧ-инфекции не миновало и Россию. Темпы распространения СПИДа во всем мире угрожающе высоки, а эффективные лекарства против него или надежные вакцины пока не найдены. Создалась реальная опасность, что эта новая страшная болезнь, часто именуемая «чумой XX века», в следующем столетии станет важным фактором, существенно влияющим на демографические процессы. Единственное на сегодня средство от СПИДа — личная профилактика.

Во многих странах Африки, Азии, Южной и Центральной Америки продолжают свирепствовать болезни, связанные с антисанитарией, недоеданием, нехваткой чистой питьевой воды. Это прежде всего острые легочные и кишечные заболевания: туберкулез, холера, дизентерия и многие другие.

Несмотря на несомненные успехи медицины, болезни полностью не побеждены и остаются для человечества опасными факторами, способными влиять на ход демографических процессов.

Пища. Для всех животных пищевые ресурсы — основа экологической емкости среды. Человек не исключение. Но он гораздо успешнее, чем любой другой вид, умеет увеличивать для себя запасы пищи.

История человечества — поиск все новых и новых пищевых ресурсов. Сотни тысяч лет первобытные люди собирали доступную им пищу, охотились на доступную им добычу. Примерно так добывают себе пропитание всеядные животные, например медведи. Но в отличие от них уже первобытные люди научились расширять свои пищевые возможности, увеличивать доступность пищи, пользуясь простейшими орудиями.

Около 10 тыс. лет назад на Ближнем Востоке возникло *сельское хозяйство.* Жители тех мест научились выращивать съедобные растения, содержать полезных для себя животных. Такие способы получения пищи диким животным неведомы. Животные свою пищу отыскивают, собирают, ловят. Человек ее производит, вкладывая в это свой труд и дополнительную энергию.

Производство пищи — принципиальное экологическое отличие человека от всех биологических видов, одно из главных проявлений его социальных особенностей. Уже несколько тысячелетий люди совершенствуют производство продовольствия, увеличивая его количество и улучшая качество. В результате возрастает выживаемость, растет численность человечества.

Возможности увеличения пищевых ресурсов не беспредельны. За последнюю тысячу лет жесточайший голод неоднократно охватывал мно-

гие районы мира. Даже сейчас, при высоком уровне производства продовольствия в отдельных странах, почти 10% мирового населения страдает от голода (более всего в Африке) и еще столько же от неполноценной пищи (например, при нехватке животного белка).

Недостаток пищи или каких-то важных ее компонентов всегда был и остается важным фактором, влияющим на выживание населения отдельных стран и регионов. Рост производства продовольствия снижает смертность и тем самым способствует росту численности населения Земли.

Численность любого биологического вида определяется системой экологических связей. Численность единственного биосоциального вида — человека — определяется системой экосоциальных связей.

Предельная численность любого вида ограничивается экологической емкостью среды его обитания. Предельная численность человечества ограничивается планетарной *социально-экологической емкостью.* Человек непрерывно ее расширяет, но она все же имеет верхнюю границу на Земле.

- **Демография. Эпидемии. Синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД). Социально-экологическая емкость среды.**

- **Человек способен корректировать действие факторов, влияющих на демографические процессы. Используя дополнительную энергию, орудия производства и способность к согласованным общественным действиям, человечество обезопасило себя от хищников, успешно нейтрализует неблагоприятное влияние климата, противостоит болезням и наращивает производство пищи. В результате существенно увеличивается социально-экологическая емкость среды обитания человечества, смертность (особенно детская) снижается и население мира непрерывно растет.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. На Земле не осталось мест, где не ступала нога человека. Открыты все острова, исследованы все жаркие и ледяные пустыни, покорены все горные вершины. Экстремальный климат длительное время препятствовал проникновению человека в труднодоступные районы, а сейчас сдерживает их освоение.

Места с самым суровым климатом на планете были покорены только в XX в. 6 апреля 1909 г. американец Роберт Пири достиг Северного полюса (возможно, его соотечественник, Фридерик Кук, побывал там годом раньше — 21 апреля 1908 г., но он не смог убедительно доказать это). 15 декабря 1911 г. норвежец Руаль Амундсен первым добрался до Южного полюса. 29 мая 1953 г. новозеландец Эдмунд Хиллари и шерп Нордиг Тенсинг впервые поднялись на высочайшую вершину мира — Джомолунгму (Эверест).

Единственная обширная территория, где нет постоянного населения из-за исключительно суровых климатических условий, — это покрытые вечными льдами внутренние районы Антарктиды. Именно на этом континенте зарегистрирована самая низкая температура — минус 88,3 °С.

2. Среди множества болезней человека самую массовую гибель людей в средние века вызывали чума, холера и оспа.

Чума — острое инфекционное заболевание человека и животных (главным образом грызунов). Вызывается бактерией — чумной палочкой. Заражение происходит либо при контакте с больным или погибшим человеком или животным, либо через переносчиков (блох). Поражает легкие, лимфатические узлы и другие органы, вызывает сильную интоксикацию и гибель. Природные очаги чумы в Азии, Африке и Южной Америке поддерживаются инфицированными грызунами (суслики, песчанки, крысы и др.). Они находятся под постоянным строгим контролем международных и государственных эпидемиологических (противочумных) служб, которые ежегодно выявляют и подавляют отдельные вспышки заболеваний. Оперативные меры (прививки людям, уничтожение грызунов) препятствуют возникновению массовых эпидемий чумы.

Холера вызывает острые кишечно-желудочные расстройства, обезвоживание организма. Около 1% больных людей умирает. Возбудитель — бактерия холерный вибрион. Заражение происходит через воду и пищу. В прошлые столетия из-за холеры гибли миллионы людей, но и в наше время возникают местные эпидемии. Ежегодно заболевают тысячи человек. Больше всего от холеры страдает население Африки и некоторых районов Азии. Почти каждое лето отмечают заболевания холерой на юге России. Главные меры профилактики заключаются в надежной очистке и обеззараживании питьевой воды, использовании только доброкачественных и тщательно вымытых продуктов.

Оспа — вирусная инфекционная болезнь, исчезнувшая в XX в. В СССР оспа не отмечалась с 1936 г. Последний случай заболева-

ния зарегистрирован осенью 1977 г. в Эфиопии. В 1980 г. было официально объявлено о полной ликвидации оспы на Земле.

3. Производство продовольствия в мире непрерывно растет, но с разной скоростью в разные годы и в разных регионах мира. Самый высокий прирост продуктивности зернового хозяйства отмечался с 1950 по 1980 г. (на 2—2,5% ежегодно), опережая темпы роста мирового населения (1,5—1,8% в год) и обеспечивая тем самым увеличение среднедушевого потребления зерна. Этот благоприятный для сельского хозяйства период именуют «зеленой революцией». Но и тогда в ряде стран (прежде всего африканских) производство продовольствия в пересчете на душу населения все же продолжало падать. Сейчас считается, что вряд ли возможна дальнейшая интенсификация сельского хозяйства в рамках «зеленой революции» (наращивание использования минеральных удобрений, пестицидов, объемов воды для орошения и т. п.). За последнее десятилетие общемировое производство зерна замедлилось, а в пересчете на душу населения даже сократилось. Таким образом, увеличение экологической (прежде всего пищевой, трофической) емкости среды жизни человечества происходит неравномерно и во времени, и в пространстве.

В среднем на человека в год сейчас производят примерно 350 кг зерна (пшеницы, риса, кукурузы и других культур). Общая пищевая ценность производимого в мире продовольствия составляет в среднем 2600 ккал на человека в день, что несколько выше средней суточной нормы в 2500 ккал. Но из-за несовершенной системы распределения этого продовольствия не хватает, и число голодающих людей растет. От недоедания, неполноценного питания и вызываемых этим болезней в развивающихся странах ежегодно умирает от 20 до 40 млн человек, в основном детей.

Самая тяжелая продовольственная ситуация сложилась в Африке. Большинство населения многих стран континента (Эфиопия, Сомали, Чад, Судан, Ангола и др.) испытывает постоянный голод. Самое неравномерное распределение касается самых ценных животных белков. 20% мирового населения, живущего в Европе, Северной Америке и Японии, потребляет 80% молока и мяса, а 80% жителей других регионов довольствуются 20% животных белков. Для обеспечения полноценного питания всего населения Земли необходимо общее увеличение производства продовольствия и совершенствование механизма его распределения.

❑ **Вопросы. 1.** Назовите побежденные или надежно контролируемые человеком болезни. Какие болезни продолжают оставаться причинами высокой смертности людей? Против какой новой болезни лекарство пока не найдено? **2.** Каким обра-

зом человек преодолевает дефицит пищевых ресурсов и тем самым расширяет социально-экологическую емкость среды своего обитания? **3.** В чем сходство и различие экологической и социально-экологической емкости среды обитания? **4.** В целом справедливое утверждение, что только человек способен заселять любые климатические зоны, нуждается в некоторых уточнениях.

— Есть ли животные, не уступающие человеку в широте географического распространения на планете? Если да, то назовите их.

— Какие территории Земли, кроме Антарктиды, также непригодны в настоящее время для постоянного проживания человека? **5.** Принципиальное экологическое отличие человека от любых других видов заключается в его способности расширять емкость среды за счет производства продовольствия. В животном царстве встречаются, однако, редкие исключения из этого правила: некоторые виды способны, например, выращивать себе пищу. Что это за виды?

- **Задание.** Составьте таблицу известных вам из первой части учебника экологических факторов, регулирующих численность популяций животных. В одной колонке перечислите те из них, которые полностью или почти полностью нейтрализованы человеком. Во втором столбце назовите факторы, действие которых существенно ограничено человеком, но в некоторых регионах продолжают тем не менее влиять на демографические процессы.

- **Тема для дискуссии.** Предшествующий рост численности человечества обеспечивался его способностью увеличивать экологическую емкость своей среды обитания. Значительное увеличение площадей сельскохозяйственных угодий в будущем вряд ли возможно. Обсудите иные возможности увеличения социально-экологической емкости среды. Возможно ли принципиально новое, революционное решение этой проблемы?

ВСПОМНИТЕ

Закономерности роста численности природных популяций и их графическое отображение

§ 31. Рост численности человечества

Десятки тысяч лет численность человечества росла очень медленно. До появления сельского хозяйства, примерно 10 тыс. лет назад, на всей Земле жило, вероятно, около 5 млн человек. Это почти вдвое меньше, чем сейчас живет в одной только Москве. Производство продовольствия и соответствующее увеличение экологической емкости среды обеспечили дальнейшее нарастание численности людей — до 200—300 млн к началу новой эры. В средние века темп роста несколько замедлился из-за опустошительных эпидемий и войн. Взлет демографической кривой совпадает с началом промышленной революции около 200 лет назад, когда прогресс науки, медицины и экономики позволил вновь расширить емкость среды обитания человека. Этот ускоренный рост продолжается и поныне.

Самое последнее по времени его ускорение пришлось на вторую половину XX в. После второй мировой войны государства Азии и Африки, Центральной и Южной Америки с помощью *Всемирной организации здравоохранения* (ВОЗ) повели решительное наступление на болезни. Во многих странах оно оказалось успешным. Высокий прежде уровень смертности резко снизился, а высокий уровень рождаемости остался почти неизменным. В результате рост численности мирового населения резко увеличился.

О темпах ускорения наглядно свидетельствуют цифры: первый свой миллиард человечество отметило около 1830 г., второй — через 100 лет (1939 г.), третий — через 20 лет (1960 г.), четвертый — через 15 лет (1975 г.), пятый — через 12 лет (1987 г.), шестой — через 13 лет (2000 г.).

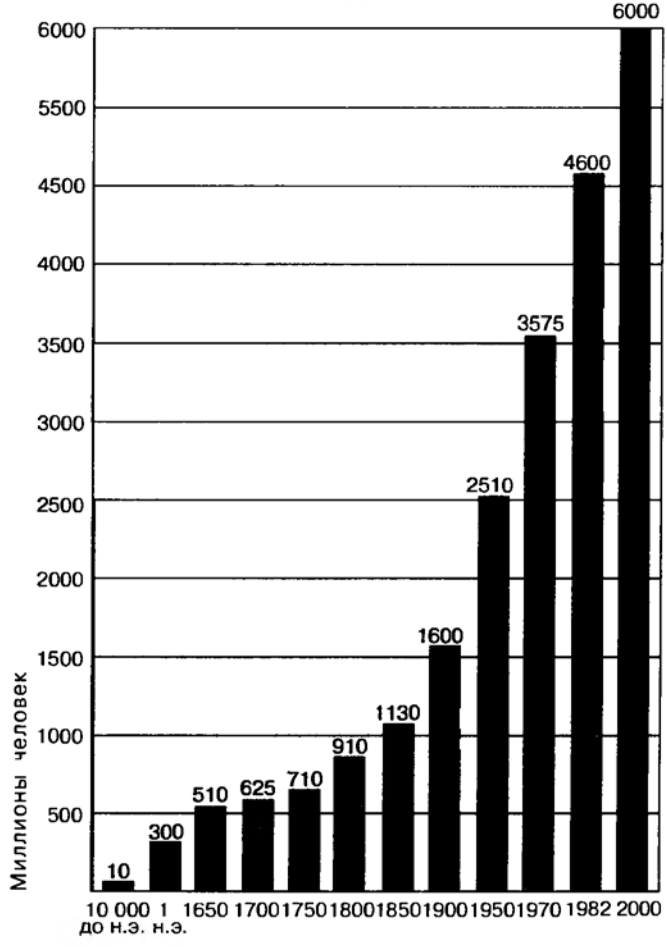


Рис. 101. Рост численности населения Земли

В 2007 г. на Земле проживало 6,5 млрд человек. Ежегодный чистый прирост составляет сейчас 78 млн человек — почти столько живет в настоящее время во всей Германии. За сутки численность землян увеличивается почти на четверть миллиона человек, за час — на 10 тыс. Это равноценно ежесуточному появлению средних размеров российского областного города (Вологда, Тамбов, Псков) или ежечасному — небольшого районного центра. Кривая роста с такой конфигурацией, которая выражена на рисунке 101, называется *экспонентой*. Сравните ее с характерной *S-образной кривой роста численности*, описанной в первой части учебника. Очевидно, что *фаза замедленного роста* численности населения человечества завершилась примерно 300 лет тому назад. Следующая за ней *фаза ускоренного роста* продолжается, несколько замедляясь, в наше время. Это, вероятно, означает, что численность общемировой популяции человека еще не достигла пределов глобальной емкости среды.

Выше неоднократно подчеркивалось, что человечество само способно увеличивать социально-экологическую емкость своей среды. Но не бесконечно же! Емкость среды на Земле ограничена пространством планеты и поэтому не может возрастать беспредельно. Отчетливо выраженная на рисунке 101 устремленность экспоненты в бесконечность теоретически абсурдна, а практически грозит демографическим взрывом, катастрофой.

Однако, в последнее время появились определенные признаки некоторых изменений в темпах роста численности человечества. Средний ежегодный прирост мирового населения хотя совсем немного, но все же снизился: с 2% в 1970-е гг. до 1,1% к 2007 г. Таким образом, можно считать, что в конце XX в. наметилось явное притормаживание скорости роста численности человечества.

- **Экспонента и S-образная кривая роста численности. Фаза замедленного роста. Фаза ускоренного роста. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ).**

- **Современные особенности общемирового демографического процесса заключаются в заметных признаках самого начального этапа перехода от круто взмывающей вверх экспоненты к заключительной фазе нормальной S-образной кривой. Эта тенденция обещает в будущем желанную стабилизацию численности человечества.**

■ Примеры и дополнительная информация

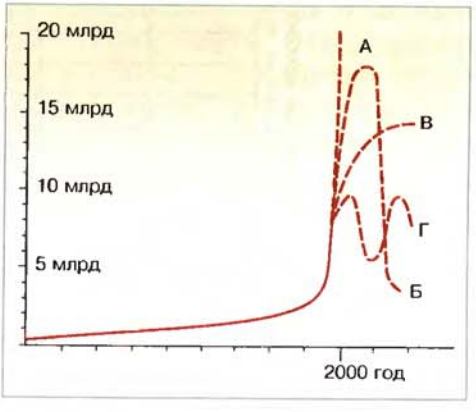
1. Время, необходимое для удвоения населения какой-либо страны или региона, — важный показатель при популяционных и демографических расчетах. Оно обратно пропорционально темпу роста численности.

Прирост численности населения, %	Время удвоения численности населения Земли, лет
0	Популяция стабильна
0,1	700
0,7	100
1,0	70
1,7	45
2,0	35
2,4	30
3,0	25
3,5	20
4,0	17

❑ **Вопросы. 1.** Назовите основные причины ускоренного роста численности населения Земли. **2.** Какова в настоящее время численность населения Земли?

❑ **Задания. 1.** Определите с учетом будущих изменений емкости среды, до какого максимального уровня может расти численность человечества на Земле. **2.** Обоснованно изберите один из 4 вариантов продолжения (пунктирные линии А, Б, В, Г) современной кривой роста численности населения Земли (сплошная линия на графике с. 205). Аргументируйте свой выбор.

❑ **Тема для дискуссии.** Как вы относитесь к идее космического Ноева ковчега — переселения части людей, животного и растительного мира Земли на иные космические тела?



Возможные кривые роста численности населения Земли

ВСПОМНИТЕ

Материки и части света

§ 32. Социально-географические особенности демографии человека

За обобщенными показателями роста численности мирового населения кроются существенные географические различия демографических процессов, определяемые как природными, так и социально-экономическими условиями. Наиболее глубоки эти отличия между южной и северной частями нашей планеты (рис. 102). Несколько условно к Южному региону относят развивающиеся страны Азии (без Японии и стран бывшего СССР), Африки и Латинской Америки (к югу от США). К Северному региону относят экономически развитые страны Северной Америки (США и Канада), Европы и Северной Азии (включая страны бывшего СССР и Японию), а также Австралию и Новую Зеландию.

Южный регион. Здесь сосредоточено более 80% мирового населения — 5325 млн человек (все данные здесь и ниже на начало 2007 г.). Среднегодовой прирост населения — 1,3%. Самая населенная территория мира — Южная Азия (более 3800 млн человек), где расположены обе демографические сверхдержавы: Китай (почти 1330 млн) и Индия (1120 млн). Более 570 млн человек живет в Латинской Америке, около 930 млн — в Африке, где прирост населения самый высокий в мире — 2,1% в год (удвоение через 35 лет). В некоторых странах Южного региона (Сомали, Нигер, Бурунди, Уганда, Эритрея, Афганистан) численность населения удваивается еще быстрее — за 20—25 лет.

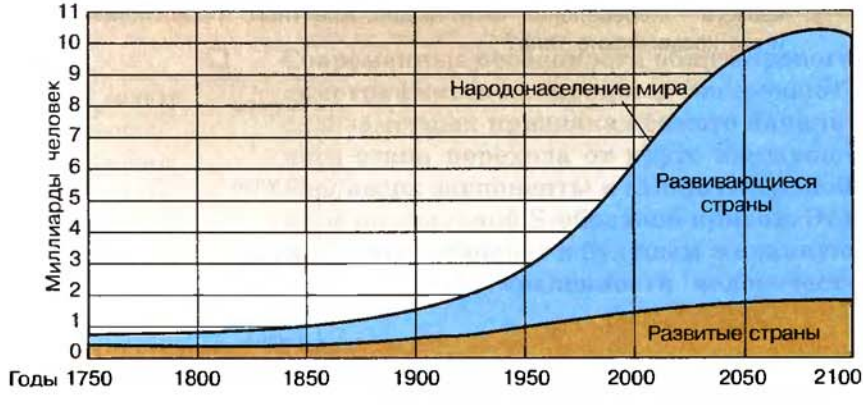


Рис. 102.
Соотношение роста численности населения Южного и Северного регионов

Северный регион. Суммарное население региона составляет около 1200 млн человек (примерно 20% мирового населения). Самые крупные страны — США (300 млн человек) и Россия (142 млн). Рост численности населения почти прекратился: в среднем по региону годовой прирост уменьшился до 0,2% и продолжает падать, а в Европе он уже нулевой, т. е. население здесь стабильно. Пока стабильно, так как во многих европейских странах (Венгрия, Чехия, Болгария, Италия, Румыния и др.) прирост коренного населения полностью прекратился. С начала 1990-х гг. к ним присоединилась и Россия, где смертность превышает рождаемость.

Демографические характеристики Южного и Северного регионов разительно отличаются друг от друга. Эти различия, судя по прогнозам *Организации Объединенных Наций* (ООН), будут и дальше нарастать (рис. 103). В следующие 20 лет (до 2025 г.) не менее 95% прироста мирового населения придется на страны Южного региона и только 5% — на страны Северного. Сейчас из каждых 10 детей 9 рождаются на «Юге» и 1 — на «Севере». Через 20 лет это соотношение будет уже 20 : 1.

Социально-экологические причины региональных демографических различий. Стремительный рост численности населения развивающихся стран часто называют «демографическим взрывом». Его начало приходится на вторую половину XX в.

После второй мировой войны большинство бывших колоний стало независимыми государствами. С помощью созданных в это же время международных организаций они предприняли энергичные усилия по улучшению жизни населения. Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в короткие сроки, за одно-два десятилетия, удалось резко снизить детскую смертность, улучшить общее санитарное состояние жизненной среды населения этих стран (полнее обеспечить его питьевой водой, лекарствами, средствами гигиены и т. п.). Правительства ряда стран Азии и Латинской Америки при поддержке *Организации Объединенных Наций по проблемам продовольствия и сельского хозяйства* (ФАО) предприняли успешные меры по повышению продуктивности сельского хозяйства, получившие звучное название — «зеленая революция». *Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры* (ЮНЕСКО) налаживала в развивающихся странах систему образования детей.

Эти согласованные социальные меры существенно ослабили факторы, вызывающие смертность населения, и привели к заметному увеличению социально-экологической емкости среды обитания жителей Южного региона.

В экономически развитых странах Северного региона к этому времени смертность и рождаемость почти уравнялись на относительно низком уровне. Соответственно рост численности их населения постепенно замедляется.

- **Южный регион. Северный регион. Прирост населения. Организация Объединенных Наций (ООН). Организация Объединенных Наций по проблемам продовольствия и сельского хозяйства (ФАО). Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО).**

- **В развивающихся странах к середине XX в., т. е. до начала крупномасштаб-ной помощи международных организаций, сложился баланс высокой смертности и высокой рождаемости. Затем смертность (в первую очередь детская) была быстро и эффективно снижена, тогда как рождаемость осталась почти на прежнем уровне. Результатом возникшей диспропорции стал быстрый рост численности населения развивающихся стран. В экономически развитых странах близкое к балансу соотношение низкой смертности и низкой рождаемости обусловило и низкий темп роста их населения. В конечном счете разрыв между Северным и Южным регионами быстро увеличивался и в темпах прироста, и в суммарной численности их населения.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Региональные особенности роста численности мирового населения и его перспективы.

Год	Весь мир	Северный регион	Южный регион
		Всего населения, млрд чел.	
1950	2,5	0,8	1,7
1970	3,7	1,0	2,7
2000	6,0	1,2	4,8
2005	6,4	1,2	5,2
2050	9,0	1,2	7,8

Год	Весь мир	Северный регион	Южный регион
		Ежегодный прирост, %	
1950	1,7	1,3	1,9
1970	2,0	1,0	2,5
2000	1,3	0,3	1,6
2005	1,2	0,2	1,4
2050	0,8	0,0	1,0

2. Современное состояние и прогноз роста численности населения (млн чел.) 10 самых крупных стран мира.

Страна	2007 г.	2050 г.
Китай	1330	1400
Индия	1120	1600
США	300	400
Индонезия	230	290
Бразилия	190	250
Пакистан	170	300
Бангладеш	145	240
Россия	**142**	**112**
Нигерия	130	260
Япония	125	110

❑ **Вопросы. 1.** В каких частях света расположены страны с самым высоким темпом прироста населения? **2.** Назовите международные организации, оказывающие помощь развивающимся странам. **3.** Каковы современные различия в численности населения Южного и Северного регионов? **4.** Какие международные организации занимаются демографическими и экологическими проблемами? **5.** В государствах ближнего зарубежья — бывших республиках СССР — демографические процессы протекали различно. Сгруппируйте страны с повышающейся, относительно стабильной и сокращающейся численностью населения. Объясните причины выявленных различий.

❑ **Задания. 1.** Рассчитайте, какую долю населения Земли (в %) составляют сейчас жители Южного региона в целом; жители Южной Азии, Африки и Латинской Америки по отдельности. **2.** Составьте подборку материалов из газет, журналов и других местных публикаций о демографических процессах в вашем городе, селе, районе, области. Обсудите в классе перспективы местного демографического развития.

Рис. 103.
Возрастные пирамиды быстро растущего населения Южного региона (*А*) и относительно стабильного населения Северного региона (*Б*)

ВСПОМНИТЕ

Миграции и их экологическое значение

Смертность и рождаемость

Стабильная и меняющаяся численность

§ 33. Демографические перспективы

Возможные последствия демографических процессов. Стихийное развитие демографических процессов может иметь тяжелые социально-экономические и экологические последствия как для развивающихся стран Южного региона, так и для экономически развитых стран Северного региона.

В настоящее время в большинстве государств Южного региона темпы прироста населения обгоняют темпы роста экономики. Падает, например, производство продовольствия в расчете на душу населения. Уже в начале XXI в. примерно треть развивающихся стран не может обеспечить свое население продовольствием за счет собственных ресурсов. Если же ход демографических процессов кардинально не изменится, то к концу следующего столетия такие страны составят подавляющее большинство в регионе. Это с неизбежностью вызовет тяжелые экологические последствия: истощение плодородия и эрозию почв, массовую вырубку лесов под новые пашни, иссушение водоемов и т. п. Социально-экологическая емкость огромных территорий в Южном регионе окажется недостаточной для жизни быстро растущего населения. Острый дефицит продовольствия и рост безработицы могут стать детонатором разрушительных социальных потрясений.

Согласно фундаментальным экологическим законам дисбаланс численности популяции и экологической емкости среды ее обитания стимулирует перемещение части особей на другие территории, где существенно выше обилие жизненных ресурсов. Применительно к жителям развивающихся стран этот процесс имеет место уже сейчас.

В пределах самих развивающихся стран происходит перемещение населения из сельских районов в городские, что ведет к стремительному разрастанию гигантских городов. Вместе с тем все четче проявляется стремление жителей стран развивающихся к *миграции* в страны развитые. По мере углубления диспропорции между социально-экологической емкостью и растущим населением стран Южного региона стимулы к массовым перемещениям с «Юга» на «Север» будут нарастать.

Таковы вкратце лишь некоторые экологические и социально-экономические последствия сегодняшних демографических процессов в странах Южного региона (рис. 104, 105).

В большинстве стран Северного региона продолжается демографический спад. Повсеместно снижается прирост населения, а во мно-

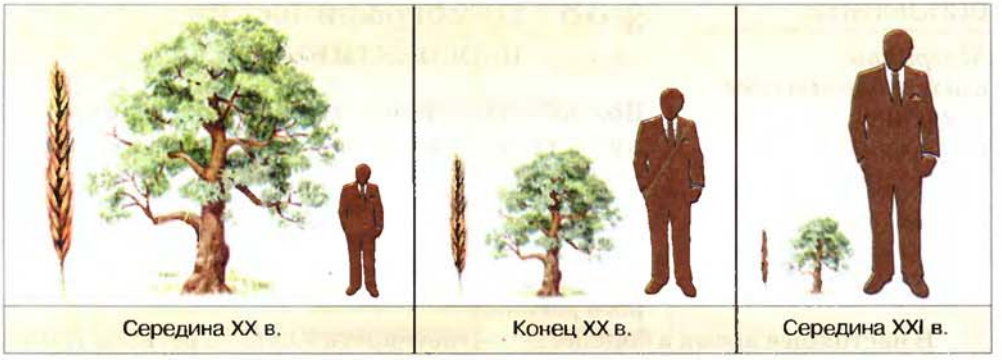


Рис. 104.
Соотношение численности людей, природных ресурсов и сельскохозяйственной продукции

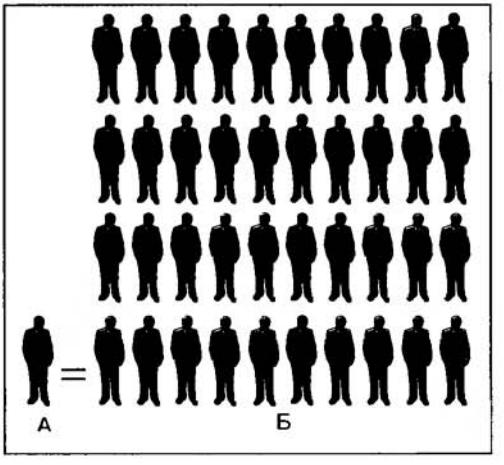


Рис. 105.
Диспропорция в потреблении ресурсов жителями Западной Европы (*А*) и Центральной Африки (*Б*)

гих европейских странах он уже прекратился. Смертность превысила рождаемость, и началось фактическое сокращение населения в некоторых странах, включая Россию. При дальнейшем сохранении демографического спада не исключена перспектива для коренного населения некоторых европейских государств остаться в меньшинстве в собственных странах ввиду притока эмигрантов из регионов с избыточным (по отношению к экологической емкости территорий) населением. В отдаленном будущем возможны и более радикальные последствия: *замещение коренных жителей* одних стран населением из других регионов.

Рост численности населения развивающихся стран опережает как темпы их социально-экономического развития, так и скорость увеличения социально-экологической емкости среды. Это несоответствие стимулирует стремление к мигра-

ции в экономически развитые страны с более высоким уровнем жизни населения и социально-экологической емкости среды. Сохранение сегодняшнего, по сути дела неуправляемого хода демографических процессов создает реальную угрозу для поддержания экологической и социальной стабильности как на «Севере», так и на «Юге».

Управление демографическими процессами. Очевидные негативные следствия стихийного хода демографических процессов с очевидностью требуют его упорядоченности. Единственной приемлемой для этого формой является регулирование рождаемости.

Во многих развивающихся странах эта необходимость была осознана вскоре после начала фазы быстрого роста численности их населения. В результате появились программы, тактично названные *планированием семьи*, но по сути дела однозначно направленные на разработку действенных мер по снижению чрезмерно высокой рождаемости. Важно, что эти программы выполняются в странах с самой высокой численностью населения — Индии и Китае.

Суть демографической политики планирования семьи заключается в настойчивом разъяснении экономических преимуществ малодетной семьи (2—3 ребенка) перед многодетной (5—10 детей), обучении населения пользованию противозачаточными средствами, а также в материальном и моральном поощрении семей, следующих этим рекомендациям.

Осуществляемые в развивающихся странах программы планирования семьи дали определенные результаты. Наиболее эффективного снижения рождаемости достигли в Китае. В Индии и других развивающихся странах рождаемость и, соответственно, прирост населения также снижаются, хотя значительно медленнее, чем в Китае. Политика планирования семьи оказалась в целом результативной и породила обоснованные надежды на предотвращение всеобщего демографического кризиса.

В экономически развитых странах Северного региона не проводится всеобъемлющей, скоординированной демографической политики, подобной программам планирования семьи. Однако начавшееся в 90-е гг. сокращение коренного населения — *депопуляция* в некоторых странах Европы вызвала ответную реакцию. В отдельных государствах (Франция, Германия и др.) проводятся разного рода акции, направленные на повышение рождаемости (пропагандистские кампании, моральное или материальное стимулирование и т. п.). В России также предпринимаются меры по стимулированию рождаемости, направленные на предотвращение депопуляции и восстановление населения. Иначе россияне просто будут замещены другими народами.

Основные формы управления современными демографическими процессами: планирование семьи (через снижение рождаемости) в странах Южного региона и предотвращение падения численности населения (через некоторое увеличение рождаемости) в странах Северного региона.

Если стихийные демографические процессы станут управляемыми, в перспективе возможен *демографический переход* от прежнего неустойчивого баланса высокой смертности и высокой рождаемости к новому, более стабильному балансу низкой смертности и низкой рождаемости (рис. 106). Достижение этой цели во второй половине XXI в. позволит стабилизировать мировое население на уровне 9—10 млрд человек. Это будет означать соответствие фундаментальному экологическому закону роста численности населения по наиболее оптимальному S-образному варианту, соответствующему предельной социально-экологической емкости планеты.

- **Миграция. Планирование семьи. Депопуляция. Демографический переход. Устойчивое развитие человечества и природы.**

- **Только путем разумного управления демографическими процессами может быть стабилизирована численность мирового населения (рис. 107) и достигнута глобальная экологическая цель XXI столетия — устойчивое развитие человечества и природы на Земле.**

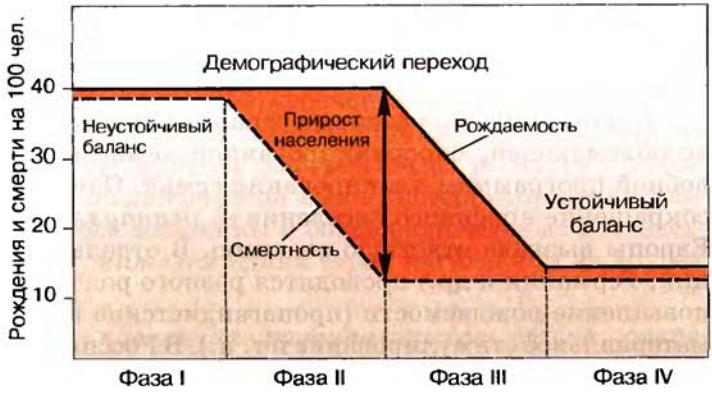


Рис. 106.
Схема демографического перехода от неустойчивого баланса высокой смертности и высокой рождаемости к более стабильному балансу низкой смертности и низкой рождаемости

■ Примеры и дополнительная информация

1. **Пессимистический взгляд на демографическую перспективу.** Развивающиеся страны могут попасть (и, возможно, уже попадают) в «демографическую ловушку». Слишком затянувшийся на 40—50 и более лет демографический переход от неустойчивого высокого к стабильному низкому балансу смертности и рождаемости может привести к неисправимым диспропорциям между быстро растущей численностью населения и медленно возрастающей социально-экологической емкостью среды. Результатом станут экологические катастрофы и социальные потрясения. Такая опасность особенно реальна для стран Африки.
   В большинстве стран не выявлена трагическая грань между экологически допустимыми и разрушительными нагрузками на природную среду, вызывающими всеобщее истощение земель, исчезновение лесов и водоемов, вопиющую антисанитарию, запредельное загрязнение среды обитания. Решения неотложных демографических и экологических проблем откладываются на потом. Но «потом» может оказаться слишком поздно...

2. **Оптимистический взгляд на демографическую перспективу.** Переход от неустойчиво высокого к стабильно низкому демографическому балансу осуществляется медленно, но неотвратимо. Рождаемость падает неуклонно, что обещает стабилизацию мирового

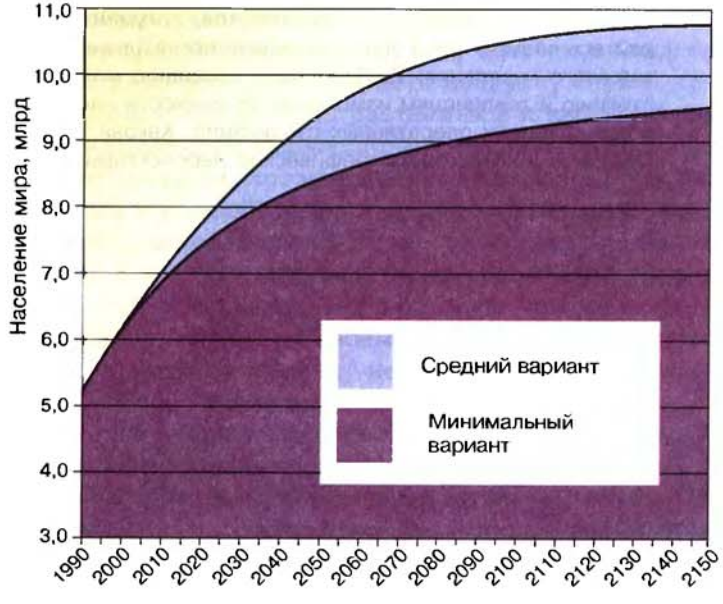


Рис. 107. Демографические перспективы

населения во второй половине XXI в. Предполагается, что современные ресурсосберегающие и экологически чистые технологии, разработанные в экономически развитых странах, станут доступными для использования в развивающихся странах. Это приведет к повышению жизненного уровня населения развивающихся стран. Оптимистический пример такого рода — использование новейших агротехнических приемов и технологий, обеспечивших двух-трехкратное повышение продуктивности сельского хозяйства в Индии, Таиланде, Мексике, на Филиппинах и в других странах. Кроме того, страны Южного региона могут использовать опыт развития стран Северного региона, заимствуя их достижения, но не повторяя их ошибок. Наконец, современный уровень развития информационных связей (радио, телевидения, автоматических телефонных линий, компьютерных сетей и т. п.) позволяет обеспечивать всеобщую доступность общемирового позитивного опыта социально-экономического, экологического и демографического развития.

Вопросы. 1. В каких формах осуществляются программы планирования семьи? **2.** В чем заключается общемировая экологическая задача на XXI столетие и каковы главные пути ее решения? **3.** Охарактеризуйте различия причин, целей и методов управления демографическими процессами в Южном и Северном регионах. **4.** Как предотвратить депопуляцию в России?

Темы для дискуссий. 1. Выше приведены два взгляда на дальнейшее развитие демографических процессов. Разделитесь в классе на демографов-оптимистов и демографов-пессимистов, аргументируйте свои позиции. Постарайтесь совместными усилиями найти согласованный демографический прогноз мирового населения. **2.** Подберите новейшие материалы по современному состоянию и тенденциям изменения численности населения России из газет, журналов и других оперативных публикаций. Какова ваша оценка этих процессов? Обсудите в классе демографические перспективы России.

Глава 6

Экологические проблемы и их решения

§ 34. Современные проблемы охраны природы

Роль природы в жизни человеческого общества. Для человека, как и для любого другого биологического вида, природа — среда жизни и источник существования. Как биологический вид, человек нуждается в определенном составе и давлении атмосферного воздуха, чистой природной воде с растворенными в ней солями, растениях и животных, земной температуре. Оптимальная для человека окружающая среда — это то естественное состояние природы, которое поддерживается нормально протекающими процессами круговорота веществ и потоков энергии.

Как биологический вид, человек своей жизнедеятельностью влияет на природную среду не больше, чем другие живые организмы. Однако это влияние несравнимо с тем огромным воздействием, которое оказывает человечество на природу благодаря своему труду. Преобразующее влияние человеческого общества на природу неизбежно, оно усиливается по мере развития общества, увеличения числа и массы веществ, вовлекаемых в хозяйственный оборот. Вносимые человеком изменения сейчас приобрели настолько крупные масштабы, что превратились в угрозу нарушения существующего в природе равновесия и препятствие для дальнейшего развития производительных сил. Долгое время люди смотрели на природу как на неисчерпаемый источник необходимых для

них материальных благ. Однако, сталкиваясь с отрицательными последствиями своего воздействия на природу, они постепенно пришли к убеждению в необходимости ее рационального использования и охраны.

Охрана природы — это система научно обоснованных международных, государственных и общественных мер, направленных на рациональное использование, воспроизводство и охрану природных ресурсов, на защиту природной среды от загрязнения и разрушения в интересах существующих и будущих поколений людей.

Основная цель охраны природы состоит в поддержке динамического равновесия естественных природных процессов, сохранении биологического разнообразия растений, животных, микроорганизмов, обеспечивающих благоприятные условия для жизни настоящих и последующих поколений людей, развития производства, науки и культуры всех народов, населяющих нашу планету. Прогрессивное устойчивое развитие человеческого общества невозможно без *рационального природопользования*, которым называют совокупность всех форм эксплуатации природных ресурсов и действенных мер по их сохранению и восстановлению.

Исчерпаемые и неисчерпаемые природные ресурсы. Естественно, что в связи с разными историческими этапами развития человеческого общества меняются и проблемы использования природных ресурсов и охраны природы. Человек — относительно молодой житель Земли, он включился в ее экологические системы около 3,5 млн лет назад. Тогда воздействие людей на окружающую среду было незначительным из-за небольшой их численности. Около 1,5 млн лет назад численность людей не превышала 500 тыс. особей. Люди кочевали небольшими группами, собирая съедобные растения, охотясь на животных, вылавливая рыбу. Следы их воздействия быстро сглаживались природой, как только собиратели, охотники и рыболовы покидали места своих стоянок. Первым был приручен волк, помогавший людям охотиться на животных, позже произошло одомашнивание крупного рогатого скота, потом лошадей. Примерно 10—12 тыс. лет назад в благоприятных условиях люди перешли к оседлому образу жизни и стали заниматься земледелием. Начальная фаза преобразования окружающей природной среды связана с развитием животноводства и земледелия. Нарастание преобразующей деятельности человеческого общества, связанное с развитием промышленности, продолжается и в настоящее время. Так, в первой половине XX в. особое беспокойство вызывало очень быстрое истощение природных ресурсов и возможная гибель человечества из-за полного исчерпания рудных месторождений и нефти. Сейчас на первое место выдвигаются угрожающие загрязнения окружающей среды, нарушение природных биоценозов, вырубка лесов, почвенная эрозия, исчезновение редких видов животных и растений. Природные объекты и явления, которые человек

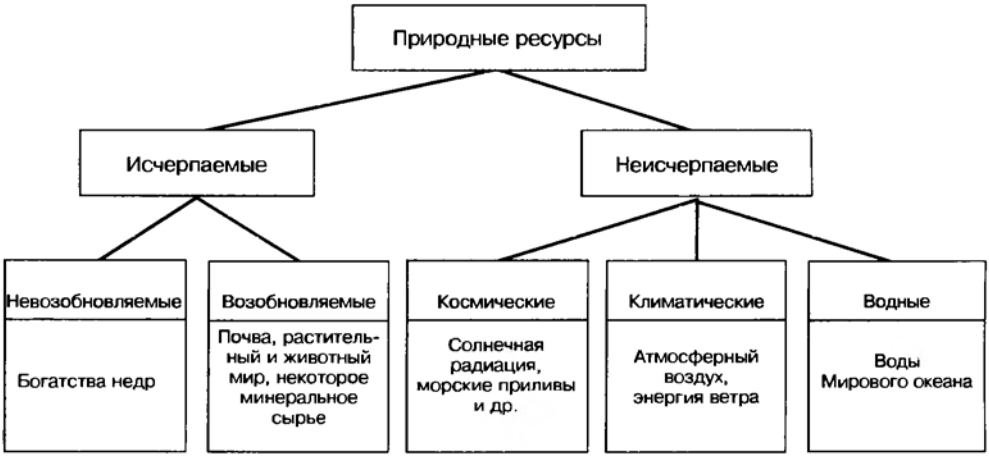


Рис. 108.
Схема классификации природных ресурсов

использует в процессе труда, называются *природными ресурсами*. К ним относятся атмосферный воздух, вода, почва, полезные ископаемые, солнечная радиация, климат, растительность, животный мир. По степени их истощения они делятся на исчерпаемые и неисчерпаемые (рис. 108).

Исчерпаемые ресурсы, в свою очередь, подразделяются на возобновимые и невозобновимые. К *невозобновимым* относят те ресурсы, которые не возрождаются или возобновляются в сотни раз медленнее, чем они расходуются. К ним относятся нефть, каменный уголь, металлические руды и большинство других полезных ископаемых. Запасы этих ресурсов ограничены, охрана их сводится к бережному расходованию.

Возобновимые природные ресурсы — почва, растительность, животный мир, а также такие минеральные соли, как глауберова и поваренная, осаждающиеся в озерах и морских лагунах. Эти ресурсы постоянно восстанавливаются, если сохраняются необходимые для этого условия, а скорость использования не превышает темпы естественного возрождения. Восстанавливаются ресурсы с разной скоростью: животные — за несколько лет, леса — 60—80 лет, а почвы, потерявшие плодородие, — в течение нескольких тысячелетий. Превышение темпов расходования над скоростью воспроизводства ведет к истощению и полному исчезновению ресурса.

Неисчерпаемые ресурсы включают водные, климатические и космические. Общие запасы воды на планете неисчерпаемы. Основу их составляют соленые воды Мирового океана, но их пока мало используют. В отдельных районах воды морей и океанов загрязняются нефтью, отходами бытовых и промышленных предприятий, выносом с полей удобрений и

ядохимикатов, что ухудшает условия обитания морских растений и животных. Пресная вода, необходимая для человека, — исчерпаемый природный ресурс. Проблема пресной воды с каждым годом обостряется в связи с обмелением рек и озер, возрастанием расхода воды на орошение и нужды промышленности, загрязнением вод производственными и бытовыми отходами.

Необходимо бережное расходование и строгая охрана водных ресурсов.

Климатические ресурсы — атмосферный воздух и энергия ветра — неисчерпаемы, но с развитием промышленности и транспорта воздух стал сильно загрязняться дымом, пылью, выхлопными газами. В крупных городах и промышленных центрах загрязнение воздуха становится опасным для здоровья людей. Борьба за чистоту атмосферы стала важной природоохранной задачей.

К *космическим ресурсам* относятся солнечная радиация, энергия морских приливов и отливов. Они неисчерпаемы. Однако в городах и промышленных центрах солнечная радиация сильно уменьшается из-за задымленности и запыленности воздуха. Это отрицательно сказывается на здоровье людей.

Принципы и правила охраны природы. *Хозяйственная деятельность вызывает в природе многочисленные изменения, последствия которых необходимо уметь прогнозировать. В процессе длительного использования природных ресурсов были разработаны общие принципы и правила рационального использования и охраны природы.*

Первый принцип сводится к тому, что все явления природы имеют для человека множественное значение и должны оцениваться с разных точек зрения. ***К каждому явлению необходимо подходить с учетом интересов разных отраслей производства и сохранения восстановительной силы самой природы.***

Так, лес рассматривается прежде всего как источник древесины и химического сырья, однако леса имеют водорегулирующее, почвозащитное, климатообразующее значение. Лес важен как место отдыха людей. В этих случаях промышленное значение леса отодвигается на второй план.

Река не может служить только транспортной магистралью или местом для сооружения гидроэлектростанций. Нельзя использовать реку как место для стока отработанных промышленных вод. Реки доставляют в моря биогенные вещества, необходимые для живых организмов. Поэтому использовать реку только в интересах одной отрасли, как это часто бывает, нерационально. Необходимо комплексное ее использование в интересах различных отраслей производства, здравоохранения, туризма с учетом сохранения чистоты водоема и восстановления в нем запасов воды.

Второй принцип заключается в необходимости строгого учета местных условий при использовании и охране природного ресурса. Его называют ***правилом региональности.*** *Особенно это касается использования водных и лесных богатств.*

На Земле много мест, где сейчас ощущается дефицит пресной воды. Избыток воды в других местах не улучшает затруднительного положения с водой в засушливых районах.

Там, где лесов много и они неосвоены, допустимы интенсивные рубки, а в лесостепных районах, в центральных промышленно развитых и густо населенных областях России, где лесов мало, лесные ресурсы надо расходовать очень бережно, с постоянной заботой об их возобновлении.

Правило региональности действует и в отношении животного мира. Один и тот же вид промыслового животного в одних районах нуждается в строгой охране, в других, при высокой численности, возможен интенсивный его промысел.

Нет ничего более губительного, чем интенсивное расходование ресурса там, где он в недостатке, на основании того, что в других местах этот ресурс находится в избытке. Согласно правилу региональности обращение с одним и тем же природным ресурсом в разных районах должно быть различным и зависеть от того, как этот ресурс в данной местности представлен в настоящее время.

Третий принцип, вытекающий из взаимной связи предметов и явлений в природе, состоит в том, что ***охрана одного объекта означает одновременно охрану и других объектов, тесно с ним связанных.***

Охрана водоема от загрязнения — это одновременная охрана рыб, обитающих в нем. Сохранение с помощью лесной растительности нормального гидрологического режима местности — это и предупреждение эрозии почвы. Охрана насекомоядных птиц и рыжих лесных муравьев — это одновременная охрана леса от вредителей.

Часто в природе складываются отношения противоположного характера, когда охрана одного объекта приносит вред другому. Например, охрана лося местами приводит к его перенаселению, а это наносит ощутимый ущерб лесу из-за повреждения подроста. Значительный вред растительности некоторых национальных парков Африки приносят слоны, в избытке населяющие эти территории. Поэтому охрана каждого природного объекта должна быть соотнесена с охраной других.

Следовательно, охрана природы должна быть комплексной. Охраняться должна не сумма отдельных природных ресурсов, а природный комплекс (экосистема), включающий различные компоненты, соединенные естественными связями, сложившимися в процессе длительного исторического развития.

Охрана и использование природы — это на первый взгляд два противоположно направленных действия человека. Однако антагонистического противоречия между этими действиями нет. Это две стороны одного и того же явления — отношения человека к природе. Поэтому вопрос, который иногда задают, — охранять природу или использовать ее — не имеет смысла. Природу надо использовать и охранять. Без этого невозможен прогресс человеческого общества. Природу необходимо охранять в процессе ее рационального использования. Важно разумное соотношение ее использования и охраны, что определяется количеством и распределением ресурсов, экономическими условиями страны, региона, социальными традициями и культурой населения. Основной принцип охраны природы — охрана в процессе ее использования.

Правовые основы охраны природы. Правовой основой охраны природы в нашей стране являются Конституция РФ, международные договоры, законы об охране природы и основных компонентов окружающей природной среды, постановления законодательных учреждений разного уровня. Высшую юридическую силу, прямое действие и применение на всей территории России имеет Конституция РФ. Ею закреплено право человека на благоприятную окружающую среду. Естественно, чтобы действенно пользоваться им, необходимо использовать право на достоверную информацию о состоянии окружающей среды (статья 42). Правила и принципы охраны природы выполняются людьми тогда, когда они имеют законодательный характер. В настоящее время действует Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» (10 января 2002 г., в редакциях от 22 июля 2004 г., 29 декабря 2004 г. и 09 мая 2005 г.). Основой его является признание природы и ее богатств «национальным достоянием народов России, естественной основой их социально-экономического развития и благосостояния человека».

Состояние окружающей природной среды, в том числе и в чрезвычайных экологических ситуациях, должно оцениваться как с позиций здоровья населения, так и состояния естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных.

Основными задачами природоохранительного законодательства Российской Федерации являются регулирование отношений в сфере взаимодействия общества и природы с целью сохранения природных богатств и естественной среды обитания человека, предотвращение экологически вредного воздействия на природу хозяйственной и иной деятельности, оздоровление и улучшение качества окружающей природной среды, укрепление законности и правопорядка в интересах настоящих и будущих поколений людей.

В законе сформулированы экологические требования, предъявляемые ко всем хозяйственным структурам. Эти требования адресованы предприятиям, организациям, учреждениям, независимо от форм собственности и подчиненности, и отдельным гражданам.

В соответствии с законодательством РФ международные договоры имеют преимущественную силу по сравнению с внутренними государственными законами. Однако, чтобы международный договор имел юридическую силу в России, он не только должен быть подписан уполномоченными лицами, но и ратифицирован (одобрен) Федеральным Собранием РФ.

Однако нормы закона не действуют автоматически, они выполняются и проверяются государственными органами управления и контроля, прокуратурой и судом, арбитражным судом, общественными организациями и объединениями. Закон должен создавать правовую и нравственную основу для поведения граждан.

- **Охрана природы. Природные ресурсы: исчерпаемые, неисчерпаемые, возобновимые, невозобновимые. Рациональное природопользование. Правило региональности. Охрана одного природного ресурса через другой. Природоохранительное законодательство.**
- **Соблюдение принципов и правил рационального использования природных ресурсов и охраны природы необходимо в интересах существующего и последующих поколений людей.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. На территории России расположено более 24 тыс. предприятий, выбрасывающих вредные вещества в атмосферу и водоемы. Эти вещества не улавливаются и не обезвреживаются в технологических процессах. Около 33% выбросов дают предприятия металлургической, 29% — энергетической, 7% — химической и 8% — угольной промышленности. Более половины всех выбросов в атмосферу осуществляется транспортом. Особенно тяжелая обстановка складывается в городах с высокой концентрацией населения. В России выделено 55 городов, где загрязнение окружающей среды достигает очень высокого уровня.

2. Качество воды основных крупных рек России оценивается как неудовлетворительное. Из-за отсутствия очистных сооружений и их неудовлетворительной работы, технической отсталости, малой мощности 82% сточных вод, сбрасываемых предприятиями в реки, не подвергается очистке.

3. За последние 50 лет из сельскохозяйственного оборота России вышло свыше 1 млн га пахотных земель. Более 1/4 сельскохозяйственных земель подвержены эрозии. Опасный размах приобрели процессы заболачивания почв, зарастания их кустарником и мелколесьем. Много земель нарушено при разработке полезных ископаемых, строительных, дорожных и иных работах. Нуждаются в рекультивации около 1,2 млн га земель. Большой урон землям России нанесен ядерными испытаниями. На полигонах Новой Земли (на 1992 г.) произведено 118 поверхностных и подземных ядерных взрывов, последствия их неизвестны. В результате Чернобыльской аварии радиоактивными веществами загрязнены Брянская, Тульская, Орловская, Калужская и Рязанская области. Растет загрязнение земель свалками твердых отходов, газовыми выбросами, кислотными дождями, пестицидами и минеральными удобрениями.

4. Велики потери невозобновимых природных ресурсов. При добыче полезных ископаемых теряется около трети железной руды, 7,6% медной руды; извлечение нефти из нефтеносных пластов не превышает 30%. Ежегодно в Российской Федерации образуется 45 млрд т отходов добывающей промышленности, из них 20 млн т относится к числу неутилизированных токсических веществ. Они частично складируются на территориях предприятий, бесконтрольно сбрасываются в канализацию, в балки и овраги, на свалки твердых бытовых отходов.

5. Основные принципы охраны окружающей природной среды (утвержденные Законом Российской Федерации «Об охране окружающей среды»).

В хозяйственной, управленческой и иной деятельности, оказывающей отрицательное воздействие на состояние окружающей природной среды, государственные органы, предприятия, учреждения, организации, граждане Российской Федерации, иностранные юридические лица и граждане обязаны руководствоваться следующими основными принципами:

— приоритетом охраны жизни и здоровья человека, создания благоприятных экологических условий для жизни, труда и отдыха населения;

— научно обоснованным сочетанием экологических и экономических интересов общества, обеспечивающих реальные гарантии прав человека на здоровую и благоприятную для жизни окружающую природную среду;
— рациональным использованием природных ресурсов с учетом законов природы, возможностей окружающей природной среды, необходимости воспроизводства природных ресурсов, предотвращения необратимых последствий для окружающей природной среды и здоровья человека;
— соблюдением требований природоохранительного законодательства, неотвратимостью наступления ответственности за их нарушение;

6. В Российской Федерации действуют следующие законодательные акты, регулирующие использование и охрану отдельных природных ресурсов.
Земельный кодекс (25 октября 2001г., в нескольких редакциях) регулирует порядок изъятия земельных участков в пользование, собственность, аренду для государственных и общественных нужд. Он обеспечивает сохранение наиболее ценных природных объектов, особо охраняемых природных территорий (заповедников, заказников, памятников природы и др.).
Лесной кодекс (4 декабря 2006 г.) устанавливает правовые основы рационального использования, охраны и воспроизводства лесов.
Федеральный закон «О животном мире» (1995 г.) регулирует отношения в области использования и охраны животного мира, сохранения и восстановления среды его обитания в целях обеспечения биологического разнообразия и устойчивого использования всех его компонентов, сохранения генетического фонда диких животных и иной защиты животного мира как неотъемлемого элемента природной среды.
Водный кодекс (май 2006 г..) регулирует использование и охрану водных ресурсов, устанавливает государственную собственность на большинство водных объектов, определяет порядок установления водоохранных зон, режим использования их территорий, проведение государственной экспертизы проектных документов на строительство и реконструкцию хозяйственных и других объектов, влияющих на состояние водных объектов, государственный мониторинг водных объектов и охрану их от загрязнений.

❑ **Вопросы. 1.** Что значит «охранять природу» на современном этапе развития человеческого общества? **2.** В чем принципиальные отличия в стратегии использования возобновимых и невозобновимых природных ресурсов? **3.** Какие научные закономерности учтены в Законе РФ «Об охране окружающей природной сре-

ды»? **4.** Какое значение имеет природа в жизни человека и человеческого общества? **5.** Чем отличается воздействие человека на природу от воздействия на нее животных? **6.** Что положено в основу классификации природных ресурсов?

❑ **Задание.** Рассмотрите карту своего района. Где и какие меры охраны природы должны применяться в вашем районе в первую очередь?

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Люди давно знают, что разрушать природу невыгодно. Зачем они это делают? **2.** Можно ли считать, что в ближайшем будущем с окружающей средой все будет в порядке, если принят Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды»? **3.** О чем бы вы написали в сочинении на тему «Природа и здоровье человека»? **4.** Почему проблемы охраны природы обсуждаются на международном уровне?

ВСПОМНИТЕ

Литосфера
Гидросфера
Биосфера
Атмосфера
Химические реакции с участием CO_2 *и* O_2, H_2O

§ 35. Современное состояние и охрана атмосферы

Изменение состава и загрязнение атмосферы. Жизнь на Земле возможна до тех пор, пока существует земная атмосфера — газовая оболочка, защищающая живые организмы от вредного воздействия космических излучений и резких колебаний температуры. Атмосферным воздухом дышат все аэробные организмы. Когда хотят подчеркнуть важное значение чего-либо, говорят: «необходим как воздух». Если без пищи человек может прожить несколько недель, без воды — несколько суток, то смерть от удушья наступает через 4—5 мин.

Атмосфера — воздушная оболочка Земли имеет слоистое строение (рис. 109). Масса воздуха в атмосфере $5{,}15 \times 10^{15}$. До высоты 16—18 км над экватором и 8—10 км над полюсами воздух наиболее плотный: 0,001 г/см^2 на уровне моря. Этот слой, в котором находится 4/5 всей массы воздуха, называется тропосферой. Нижняя часть тропосферы входит в состав биосферы, в ней существуют живые организмы. Даже современные самолеты не поднимаются выше тропосферы. Состояние тропосферы определяет погоду. При удалении от поверхности Земли в тропосфере происходит понижение температуры на 6° на каждый километр. На высоте 18—20 км плавное понижение температуры прекращается, и здесь она остается почти постоянной −60—70 °С. Этот небольшой слой называется тропопаузой. Следующий слой — стратосфера — занимает высоту 20—50 км от земной поверхности. В ней сосредоточена остальная часть воздуха. Температура в стратосфере повышается при удалении от Земли на 1—2 на каждый километр, и в стратопаузе, на высоте 50—55 км, доходит до нуля. Далее на высоте 55—80 км располагается слой мезосферы. При удалении от Земли температура в нем понижается на

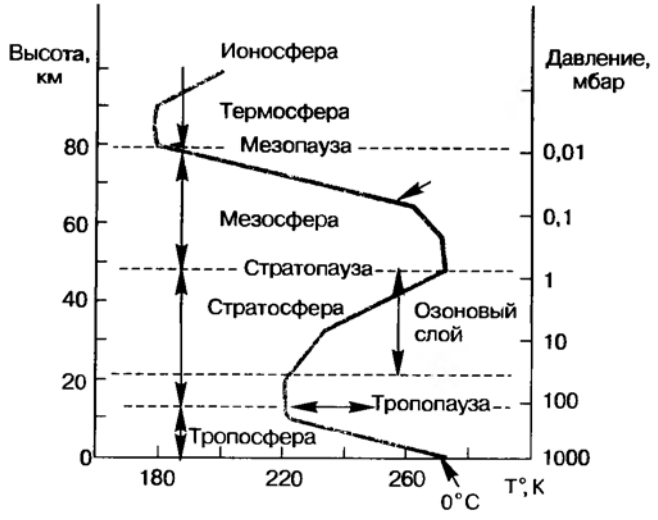


Рис. 109. Схема строения атмосферы

2—3 °С на каждый километр и на высоте 80 км, в мезопаузе, достигает −75—90 °С. Слои термосферы и экзосферы (наружная сфера), занимающие высоты соответственно 80—1000 км и 1000—2000 км, представляют собой наиболее разреженные части атмосферы. Здесь встречаются лишь отдельные молекулы, атомы и ионы газов, плотность которых в миллионы раз меньше, чем у поверхности Земли. Следы газов обнаружены до высоты 10—20 тыс. км от поверхности Земли.

Наибольшее значение для всех живых организмов имеет относительно постоянный состав атмосферного воздуха. В нем содержится азота (N_2) *78,3%, кислорода* (O_2) *— 20,95%, диоксида углерода* (CO_2) *— 0,03%, аргона* (Ar) *— 0,93% от объема сухого воздуха, небольшое количество других инертных газов. Пары воды составляют 3—4% от всего объема воздуха.*

Состав воздуха поддерживается за счет постоянно идущих процессов: использования газов живыми организмами и выделения их в атмосферу.

В последние годы происходит некоторое изменение баланса азота в атмосфере за счет хозяйственной деятельности людей. Возросла фиксация азота, включение атмосферного азота в сложные химические соединения при производстве азотных удобрений. Уменьшается поступление его в атмосферу из-за нарушения почвообразовательных процессов на больших территориях, например в Западной Сибири.

Однако из-за огромного количества азота в атмосфере проблема его баланса не так серьезна, как баланс кислорода и углекислого газа. Из-

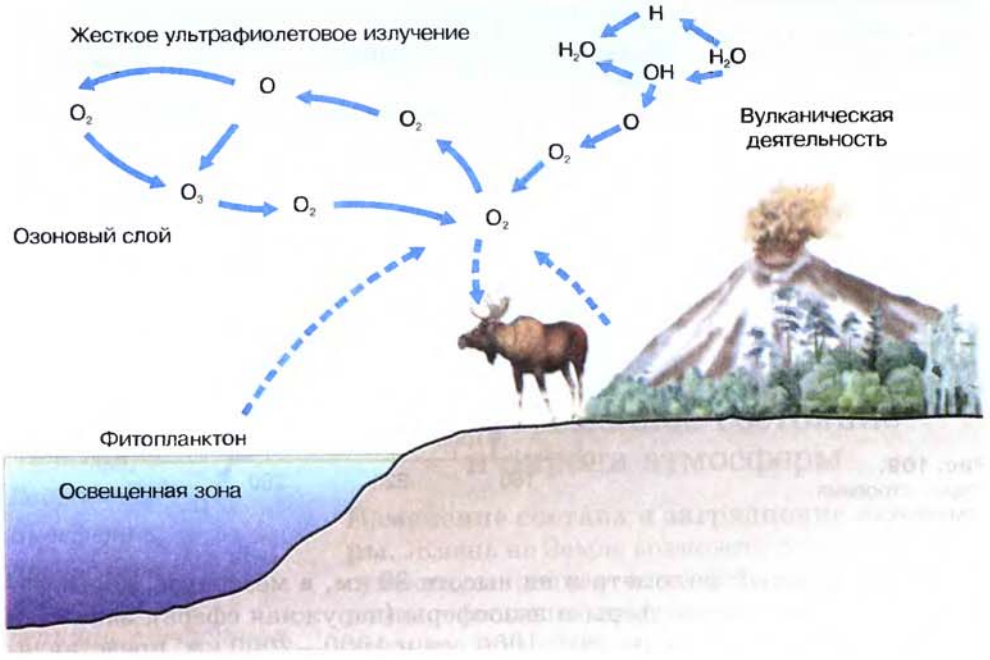


Рис. 110.
Схема круговорота кислорода в природе

вестно, что около 3,5—4 млрд лет назад содержание кислорода в атмосфере было в тысячу раз меньше, чем сейчас, так как не было основных продуцентов кислорода — зеленых растений.

> *Жизнедеятельность живых организмов поддерживается современным соотношением в атмосфере кислорода и углекислого газа. Естественные процессы потребления углекислого газа и кислорода и их поступление в атмосферу сбалансированы* (рис. 84, 110).

С развитием промышленности и транспорта кислород стали использовать на процессы горения. Так, на сжигание разных видов топлива сейчас требуется от 10 до 25% кислорода, производимого зелеными растениями. Уменьшается поступление кислорода в атмосферу из-за сокращения площадей лесов, саванн, степей и увеличения пустынных территорий. Сокращается число продуцентов кислорода и в водных экосистемах из-за загрязнения рек, озер, морей и океанов. Ученые полагают, что в ближайшие 150—180 лет количество кислорода в атмосфере может сократиться на 1/3 по сравнению с современным его содержанием.

Увеличение потребления кислорода происходит одновременно с увеличением выделения в атмосферу диоксида углерода. За последние

100 лет количество углекислого газа в атмосфере увеличилось на 10—15%, а к 2200 г. может возрасти до 25%, т. е. с 0,0324% сейчас до 0,04% к концу столетия. Некоторое увеличение CO_2 в атмосфере положительно сказывается на продуктивности растений. Например, насыщение углекислым газом воздуха теплиц повышает урожайность овощей за счет интенсификации процессов фотосинтеза. Однако общее увеличение содержания CO_2 в атмосфере приводит к сложным глобальным явлениям. Углекислый газ свободно пропускает коротковолновое солнечное излучение, но задерживает тепловые лучи, идущие от нагретой земной поверхности. Это явление получило название *парникового эффекта*. Считается, что за счет парникового эффекта средняя температура Земли в начале XXI века повысится на 1—1,5 °С. Дополнительный нагрев нижних слоев атмосферы дает сжигание топлива. Это особенно заметно в крупных городах, где температура в центре на 2—4 °С выше среднегодовой для данного района. Повышение среднегодовой температуры нижних слоев атмосферы Земли может вызвать таяние ледников Антарктиды и Гренландии, что приведет к повышению уровня Мирового океана, затоплению низменных участков материков, усилению тектонических процессов, изменению климата.

Противоположный эффект дает запыление и задымление атмосферы. Механические частицы отражают солнечные лучи, увеличивают отражательную способность (альбедо) Земли, уменьшают ее нагревание. Преобладание этих процессов может привести к увеличению ледniko-

Рис. 111. Загрязнение атмосферы при извержении вулкана

Рис. 112.
Загрязнение воздуха городов автомобильным транспортом и промышленными предприятиями

вых шапок на полюсах, резкому похолоданию и наступлению ледникового периода.

В настоящее время проводятся исследования теплового баланса Земли, чтобы найти пути управления им.

Загрязнение атмосферы может быть *естественным* и *искусственным* (или антропогенным). *Естественное* загрязнение происходит при извержении вулканов (рис. 111), выветривании горных пород, пыльных бурях, лесных пожарах, выносе в атмосферу кристалликов солей. В норме природные источники не вызывают существенных загрязнений.

Источниками *искусственного* загрязнения служат промышленные, транспортные и бытовые выбросы. Основные поставщики загрязнений — промышленные предприятия. Они выделяют в атмосферу несгоревшие частицы топлива, пыль, сажу, золу. В индустриальных районах выпадает свыше 1 т пылевых частиц на 1 км^2 в сутки. Мощными поставщиками тончайшей пыли в атмосферу служат цементные заводы (рис. 112).

Главный химический загрязнитель атмосферы — сернистый газ (SO_2), выделяющийся при сжигании каменного угля, сланцев, нефти,

при выплавке железа, меди, производстве серной кислоты и др. Сернистый газ служит причиной выпадения кислотных дождей.

При высокой концентрации сернистого газа, пыли, дыма во влажную тихую погоду в промышленных районах возникает *белый, или влажный, смог* — ядовитый туман, резко ухудшающий условия жизни людей. В Лондоне во время такого смога из-за обострения легочных и сердечных заболеваний с 5 по 9 декабря 1952 г. умерло на 4000 человек больше, чем обычно.

Под воздействием интенсивного солнечного излучения химические вещества, выбрасываемые в атмосферу промышленными предприятиями и транспортом, могут вступать в реакции друг с другом, образуя высокотоксичные соединения. Такой вид смога получил название *фотохимического.*

В больших городах и густонаселенных районах первенство в загрязнении атмосферы переходит от промышленности к автомобильному транспорту. С выхлопными газами в атмосферу поступают угарный газ, оксиды азота, углеводороды (в том числе обладающие канцерогенными свойствами). В некоторые сорта бензина в качестве антидетонатора добавляют тетраэтилсвинец, при этом в атмосферу с выхлопными газами поступают мелкие частички свинцовой пыли. Наибольшее количество загрязнений поступает от автомобилей с плохо отлаженными двигателями и работающими на холостом ходу.

Самое опасное загрязнение атмосферы и всей окружающей среды — *радиоактивное.* Оно представляет угрозу для здоровья и жизни людей, животных и растений не только ныне живущих поколений, но и их потомков из-за появления многочисленных мутационных уродств. Последствия такого мутагенного влияния на растения, животных и человека изучены еще плохо и труднопредсказуемы. В районах умеренного радиоактивного загрязнения увеличивается число людей, заболевших лейкозами.

Источниками радиоактивного загрязнения служат экспериментальные взрывы атомных и водородных бомб. Радиоактивные вещества выделяются в атмосферу при изготовлении ядерного оружия, атомными реакторами электростанций, при дезактивации радиоактивных отходов и др.

Сейчас стало понятно, что не существует такой малой дозы ионизирующего излучения, которая была бы безопасна.

Серьезные отрицательные последствия для человека и других живых организмов влечет за собой загрязнение воздуха *хлорфторметанами,* или *фреонами* ($CFCl_3$, CF_2Cl_2). Их используют в холодильных установках, в производстве полупроводников и аэрозольных баллончиков. Утечка фреонов приводит к появлению их у тонкого озонового слоя в стратосфере, расположенного на высоте 20—50 км. Толщина этого слоя очень небольшая: 2 мм на экваторе и 4 мм у полюсов при нормальных условиях. Максимальная концентрация озона здесь 8 частей

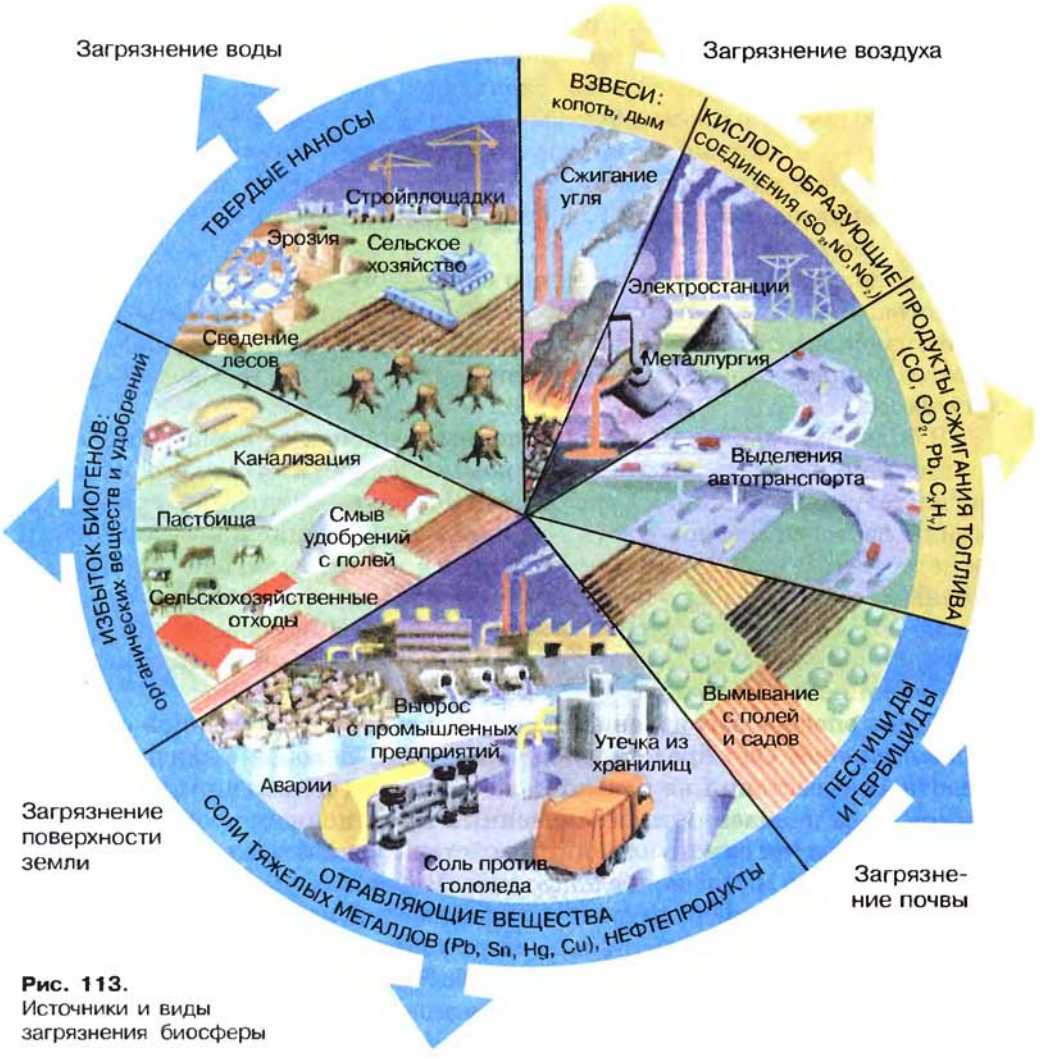


Рис. 113.
Источники и виды загрязнения биосферы

на миллион частей других газов. Озоновый экран поглощает жесткое ультрафиолетовое излучение с длиной волны 290 нм и менее, поэтому до поверхности Земли доходят ультрафиолетовые лучи, полезные для человека и других высших животных и губительные для микроорганизмов. При разложении фреонов под действием ультрафиолетовых лучей выделяются хлор и фтор, которые взаимодействуют с озоном. Есть опасность, что слой озонового экрана резко уменьшится, и это приведет к росту числа заболеваний раком кожи из-за проникновения на землю жесткого ультрафиолетового излучения. Утончение озонового экрана, появление озоно-

вых дыр отмечено над территориями Антарктиды, Австралии, Южной Америки, некоторых районов Евразии.

Меры по охране атмосферы. Длительное время локальные загрязнения атмосферы сравнительно быстро разбавлялись массами чистого воздуха. Пыль, дым, газы рассеивались воздушными потоками и выпадали на землю с дождем и снегом, нейтрализовались, вступая в реакции с природными соединениями.

> *Сейчас объемы и скорость выбросов превосходят возможности природы к их разбавлению и нейтрализации. Поэтому необходимы специальные меры для устранения опасного загрязнения атмосферы.*

Основные усилия сейчас направлены на *предупреждение выбросов* загрязняющих веществ в атмосферу. На предприятиях устанавливают пылеулавливающее и газоочистное оборудование. Таким образом задерживается около 3/4 всех выбросов. В настоящее время продолжается поиск более совершенных способов их очистки.

Другое важное направление — это *создание и внедрение безотходных технологий*, строительство таких промышленных комплексов, в которых используются все исходное сырье и любые отходы предприятий. Безотходные технологии ценны сходством с процессами, происходящими в биосфере, где отходов не существует, так как все биологические выделения утилизируются различными звеньями экосистем. Примерами таких технологических процессов могут служить замкнутые циклы воздуха и воды, при которых полностью исключаются выбросы отходов в окружающую среду.

Благодаря современным исследованиям разработаны и внедряются в практику приемы, снижающие и предотвращающие загрязнение от вы-

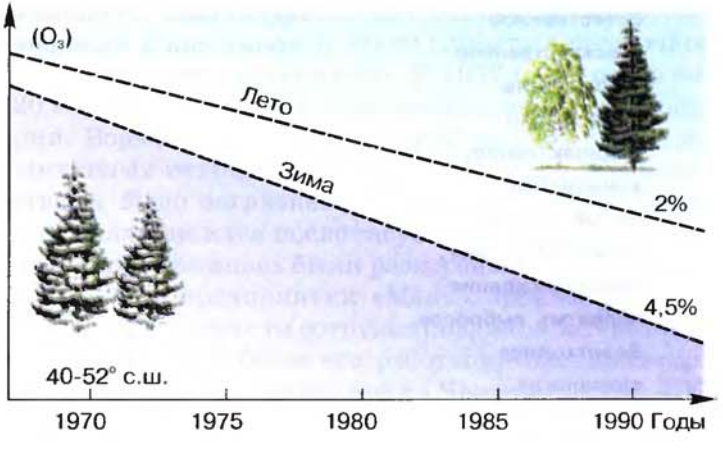


Рис. 114. Уменьшение содержания озона в атмосфере в Северном полушарии в 1970—1990 гг. (на 2—4,5%)

хлопных газов автомобилей. Частично загрязнения снижают, устанавливая в двигателях автомобилей фильтры и дожигающие устройства, исключая содержащие свинец добавки, организуя четкое движение транспорта на улицах, без частой смены режимов работы двигателей. Кардинальное решение проблемы загрязнений атмосферы автотранспортом — замена двигателей внутреннего сгорания иными. Созданы образцы газотурбинных, роторных, солнечных и иных двигателей.

Наиболее перспективные средства передвижения — электромобили. Современные их модели еще несовершенны: у них сравнительно небольшая скорость и короткий пробег без подзарядки, что не позволяет им конкурировать с современными автомобилями. Для уменьшения содержания токсических веществ в выхлопных газах автомобилей в некоторых странах переходят на другие виды топлива вместо бензина, например метан, спирт.

Важное значение в борьбе с загрязнениями атмосферы имеет *озеленение городов* и промышленных центров. Растения обогащают воздух кислородом. На деревьях и кустах оседает до 72% частиц пыли и до 60% диоксида серы. Поэтому в городских парках, скверах, садах пыли в десятки раз меньше, чем на открытых улицах и площадях.

Многие виды деревьев и кустарников выделяют *фитонциды* — биологически активные вещества, убивающие бактерии. Зеленые растения регулируют микроклимат города, поглощают и снижают городской шум.

- **Парниковый эффект. Баланс азота, кислорода, углекислого газа. Естественное и искусственное загрязнение атмосферы: радиоактивное, химическое. Белый и фотохимический смог. Предупреждение ядовитых выбросов. Безотходная технология.**

- **Возрастающее загрязнение и изменение баланса газов в атмосфере требуют строгого соблюдения мер по ее охране: установления на предприятиях очистных сооружений, использования циклических процессов в производстве.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Толщина воздушной оболочки Земли сравнительно невелика при сопоставлении с космическими расстояниями. Она составляет 1/4 часть радиуса Земли и 1/10 000 часть расстояния от Земли до Солнца. Плотность атмосферы на уровне моря 0,001 г/см^3, в тысячу раз меньше плотности воды.

2. В атмосферу Земли в результате человеческой деятельности ежегодно выбрасывается 156 млн т сернистого газа, 60 млн т оксидов азота. Там, где много промышленных предприятий, воздух загрязняется сильнее. Например, в Токио ежемесячно на каждый квадратный километр городской территории выпадает 34 т сажи, в Нью-Йорке — 17 т. В Магнитогорске в 1990 г. в мартеновских печах выплавлялось 16 млн т стали в год, а объем загрязнений, выбрасываемых в атмосферу, составлял 870 тыс. т в год, или по 20 т в год на душу населения. Только половина выбросов проходила через фильтры, которые улавливали лишь 1/3 ядовитых веществ.

3. С развитием промышленности и транспорта кислород во все больших количествах используется на горение. Например, легковой автомобиль за 1,5 тыс. км пробега расходует суточную норму кислорода одного человека (в среднем человек в сутки потребляет 500 л O_2, пропуская через легкие 12 т воздуха). За один трансатлантический рейс современный реактивный самолет использует 35 т кислорода.

4. Одной из тяжелейших по своим последствиям была катастрофа на хранилище радиоактивных отходов в г. Челябинске-65 в 1957 г. Эта катастрофа приближалась постепенно. В 1949—1951 гг. предприятие «Маяк» по наработке стратегического плутония (^{239}Pu), используемого в атомных термоядерных бомбах и атомных реакторах, сбрасывало отходы в реку. В 1951 г. их следы были обнаружены в Ледовитом океане. Затем отходы стали сливать в бессточное озеро Карачай на территории предприятия. К 1957 г. это озеро излучало около 120 млн кюри, что в 24 раза больше, чем весь Чернобыль после аварии. Взрыв произошел 29 сентября 1957 г. на хранилище высокоактивных отходов и захватил все озеро. Радиоактивными веществами было загрязнено 23 тыс. км^2 земли. Через 10 лет, в 1967 г., с обнажившихся после засухи берегов озера Карачай радиоактивные вещества вновь были разнесены ветром на площадь 2700 км^2. Авария на предприятии «Маяк» произошла из-за незнания, неопытности, халатности сотрудников, а также чрезмерной секретности. Засекречены были все работы на предприятии, причины и последствия аварии, и до взрыва на Чернобыльской АЭС был секретным даже диагноз «лучевая болезнь».

5. Самой страшной в истории человечества была авария на 4-м блоке Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. Произошло разрушение, расплавление, испарение и вынос в атмосферу ядерного топлива. Всего испарилось и попало в атмосферу около 50 т ядерного топлива (масса радиоактивных веществ бомбы, сброшенной на Хиросиму, составляла 4,5 т). Радиоактивные вещества поднялись на высоту до 11 км, загрязнение охватило территорию Украины, Белоруссии и центральные области России.

❑ **Вопросы. 1.** Какую роль в загрязнении воздуха в городах играет автотранспорт? **2.** Что такое смог и как он образуется? **3.** В чем заключается защитная роль земной атмосферы? Какое влияние оказывает загрязнение атмосферы на здоровье людей, животных, на растительность, погоду и климат? **4.** Почему естественное загрязнение атмосферы не нарушает происходящих в ней процессов? В чем опасность загрязнения атмосферы выбросами промышленных предприятий? **5.** Чем опасно разрушение озонового экрана? **6.** Поясните, в чем преимущества использования замкнутых производственных циклов перед строительством очистных сооружений.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Можно ли сохранить озоновый экран в современных условиях? Каким образом? **2.** Стоит ли развивать атомную энергетику, если она так опасна? **3.** В чем преимущества и недостатки тепловых электростанций и гидроэлектростанций? **4.** Обсудите все возможные последствия термоядерной войны.

ВСПОМНИТЕ

Отличия пресной и соленой воды

Распространение морей и океанов на Земле

Где находятся районы с большими запасами пресной воды

Размещение засушливых районов

§ 36. Рациональное использование и охрана водных ресурсов

Причины дефицита пресной воды. Вода — самое распространенное на Земле вещество. Водная оболочка, гидросфера, содержит 1,4 млрд км^3 воды, из них воды суши составляют только 90 млн км^3.

Моря и океаны занимают 71% поверхности земного шара, поэтому существует представление о неисчерпаемости водных запасов. Однако соленые воды морей и океанов используются людьми очень мало, а получение пресной воды за счет атмосферных осадков и ледников локально и ограничено.

В последнее время возник острый дефицит пресной воды, хотя общее ее количество огромно. Больше всего пресной воды расходуют на орошение. При этом получают высокие устойчивые урожаи, поэтому расход воды на орошение будет увеличиваться. По прогнозам, использо-

Рис. 115. Пресноводное озеро

вание воды на орошение в XXI в. достигнет более 35% всех ресурсов пресных вод (рис. 116).

Потребление воды увеличивается с ростом народонаселения и все возрастающей его концентрацией в городах и промышленных центрах. Уже сейчас около трети населения Земли испытывает недостаток в чистой пресной воде. Это касается почти всех крупных городов.

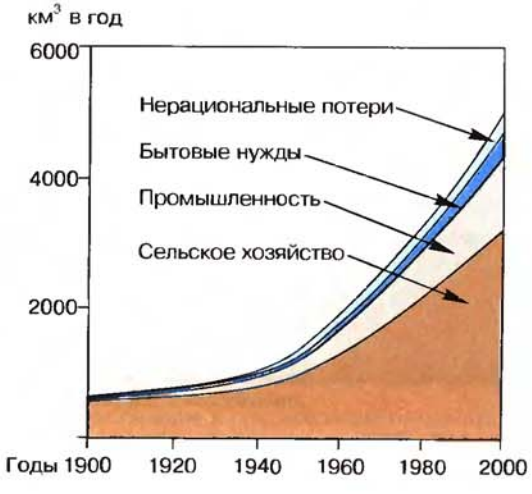


Рис. 116.
Увеличение годового расхода воды

Недостаток воды стал особенно ощутим в связи с увеличением ее расходования на нужды промышленности. Так, для выплавки 1 т чугуна и перевода его в сталь и прокат требуется 300 м³ воды, 1 т никеля — 4000 м³, 1 т синтетического каучука — 3600 м³, 1 т капрона — 5600 м³.

Все в больших количествах вода идет на разбавление отходов. По оценкам ученых, в XXI в. на эти цели будет расходоваться более 35% общегодовой потребности человечества в пресной воде.

Возросший дефицит пресной воды связан с загрязнением водоемов промышленными и бытовыми стоками. Особенно сильно загрязняют поверхностные воды отходы целлюлозно-бумажных, химических, металлургических, нефтеперерабатывающих предприятий, текстильных фабрик и сельского хозяйства.

К наиболее распространенным загрязнителям относятся *нефть* и *нефтепродукты*. Они покрывают поверхность воды тонкой пленкой толщиной 10^{-4} см, препятствуют нормальному газо- и влагообмену между водой и воздухом. Это вызывает гибель водных и околоводных организмов. Если пятно небольшое (до десятка квадратных метров), то оно исчезает с поверхности воды в течение 24 часов, образуя эмульсии. Тяжелые фракции нефти оседают на дно (рис. 117).

Рис. 117.
Схема процессов распределения и разрушения нефти, разлитой в море

Сильно загрязняют водоемы *поверхностно-активные вещества* (*ПАВ*), в том числе *синтетические моющие средства* (*СМС*), широко применяемые в быту и промышленности. Присутствие СМС в воде придает ей неприятный вкус и запах. В загрязненных реках с быстрым течением образуется пена. Концентрация СМС в воде в 1 мг/л вызывает гибель микроскопических планктонных организмов, 3 мг/л — гибель дафний и циклопов, 5 мг/л — заморы рыбы. СМС замедляют естественное самоочищение водоемов, действуя угнетающе на многие биохимические процессы.

Важную роль в ухудшении качества пресной воды играет эвтрофикация водоемов (от греч. «эутрофис» — хорошее питание). Снос биогенных веществ в водоемы в естественных условиях происходит очень медленно — в течение тысячелетий. Человек вносит на поля удобрения, и во время дождей, паводков они сносятся в водоемы. Быстрое накопление органических веществ, азотных и фосфорных удобрений в водоемах приводит к обильному размножению плавающих синезеленых водорослей. Вода мутнеет, в ней начинается разложение органических веществ, ухудшается снабжение воды кислородом, гибнут ракообразные и рыбы, вода приобретает неприятный вкус.

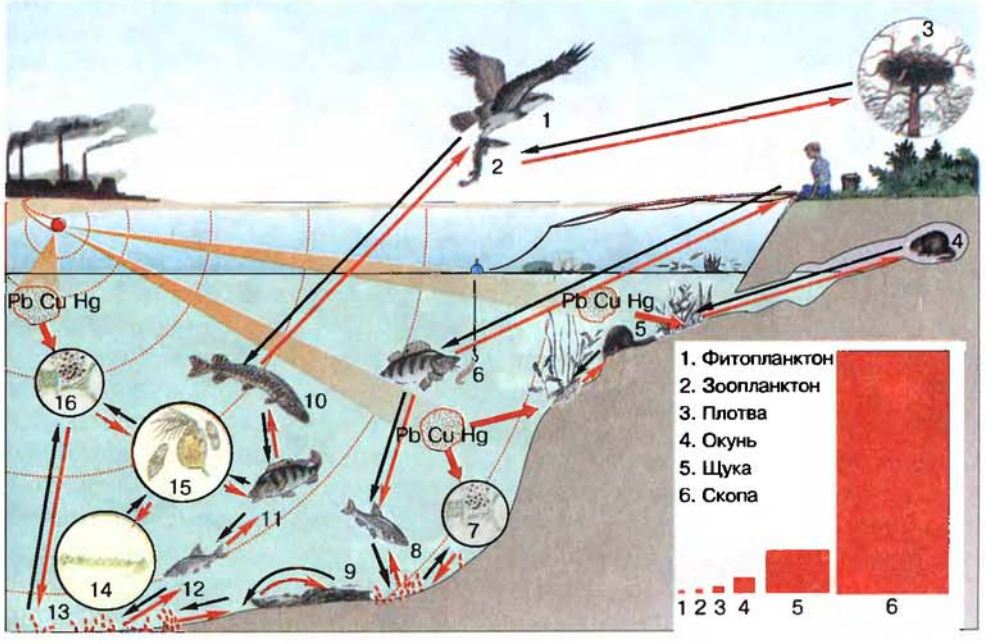


Рис. 118. Накопление тяжелых металлов по цепям питания в пресноводном биоценозе: *1* — скопа; *2*, *10* — щука; *3* — гнездо скопы; *4*, *5* — ондатра; *6*, *11* — окунь; *7*, *16* — бактерии и фитопланктон; *8*, *12* — плотва; *9* — речной рак; *14* — мотыль; *15* — зоопланктон

Опасными загрязнителями водоемов служат соли тяжелых металлов — свинца, железа, меди, ртути. Их поступление связано с промышленными предприятиями, расположенными на берегах водоемов. Иногда концентрация ионов этих металлов в теле рыб в десятки и сотни раз превышает исходную их концентрацию в водоеме (рис. 118).

Одна из важнейших причин уменьшения запасов пресных вод связана с сокращением водоносности рек. Она вызвана вырубкой лесов, распашкой пойм и осушением болот. За счет этого резко увеличивается поверхностный сток и понижается уровень грунтовых вод. Быстрое таяние снега весной, выпадение обильных дождей в этих условиях вызывает катастрофические половодья (рис. 119), а летом реки мелеют и иногда пересыхают полностью.

Основные меры по охране водных ресурсов. Важнейшая мера по охране водных ресурсов — бережное их расходование. Сейчас при орошении полей около 25% воды теряется на фильтрацию и испарение. Надежная гидроизоляция дна и стенок каналов позволяет снизить непроизводительный расход воды и препятствует засолению почвы в засушливых районах. При использовании дождевальных установок рас-

Рис. 119.
Разрушения, вызываемые наводнением

ходуется в 5—6 раз меньше воды, чем при обычном поливе. Другой способ экономного расходования воды для полива — подведение воды непосредственно к корневой системе плодовых деревьев при помощи капельниц. Это позволяет избежать излишнего испарения и строго дозировать поступление воды к растениям.

Наиболее эффективный путь защиты водоемов от загрязнений — это создание *безотходного производства,* когда отходы одной ступени производственного цикла используются как сырье для другой. Однако в настоящее время не существует универсальной бессточной системы, пригодной для различных отраслей народного хозяйства.

Наибольшее распространение получила очистка сточных вод. Современные методы очистки позволяют удалить различные примеси из сточных вод на 95—96%. Часто этого бывает недостаточно, но для дальнейшей очистки воды необходимо строить более дорогие очистные сооружения, что экономически невыгодно. Так как сточные воды многих предприятий сложно, дорого, а иногда невозможно очистить до такой степени, чтобы они стали безвредными для растений, животных и человека, их очищают частично и используют в замкнутых оборотных системах (рис. 120). За последние годы такие системы внедрены на нескольких нефтехимических, металлургических, целлюлозно-бумажных предприятиях.

Очистка сточных вод. В зависимости от степени и характера загрязнения применяют механические, химические и биологические методы очистки сточных вод. Механическими методами удаляют грубые дисперсные примеси с помощью решеток, сит, фильтров, отстойников, нефтеловушек. Этими методами удаляют нерастворимые примеси из бытовых стоков — до 60%, из промышленных — до 95%.

Химическая очистка — это добавление в сточные воды реагентов, способствующих образованию осадков из коллоидных и некоторых истинных растворов.

Биологическая очистка в естественных условиях происходит на специальных полях орошения или полях фильтрации. Здесь создается сеть магистральных и распределительных каналов и карт (площадок) шириной 20 м и длиной 100—150 м, окруженных земляными валами. Карты периодически заполняют сточными водами. Под воздействием солнечного света, воздуха, микроорганизмов они очищаются и просачиваются в грунт. На поверхности карт образуется перегной. Через несколько лет после прекращения слива сточных вод поля фильтрации используют для выращивания трав, кормовых культур или овощей, которые можно употреблять в пищу после термической обработки.

Биологическая очистка сточных вод в искусственных условиях производится в специальных сооружениях — биофильтрах и аэротен-

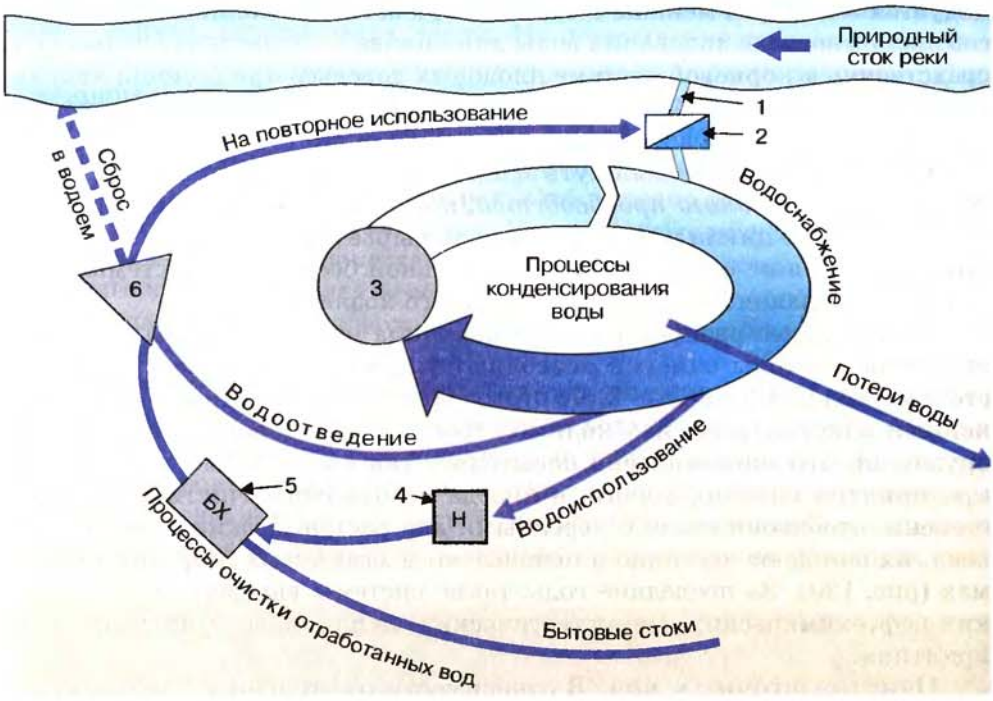


Рис. 120.
Схема безотходного производственного цикла воды: *1* — дозатор; *2* — фильтровальная и насосная станции; *3* — градирни для охлаждения воды; *4* — станция очистки сточных вод; *5* — станция биохимической очистки; *6* — отстойники

ках. Биофильтр представляет собой сооружение из кирпича или бетона, внутреннее его помещение заполнено прочным пористым материалом: шлаком, гравием, щебнем, керамзитом. На эти пористые материалы нанесена пленка микроорганизмов (бактерий, простейших и др.), которые в процессе жизнедеятельности поедают и разлагают органические вещества, очищая от них воду. В биофильтр периодически подаются сточные воды и воздух, идущий на процессы окисления. В аэротенках поступающим воздухом в сточных водах перемешивается активный ил, который состоит из сообществ аэробных микроорганизмов — минерализаторов органического вещества. Во вторичных отстойниках происходит отделение бактериальной пленки от чистой воды. В таких биофильтрах и аэротенках устраняется более 90% загрязнений органическими веществами.

Бытовые сточные воды могут содержать патогенные микроорганизмы, поэтому их обеззараживают жидким хлором или хлорной известью.

Работа очистных сооружений и установок на предприятиях контролируется законом об охране окружающей среды.

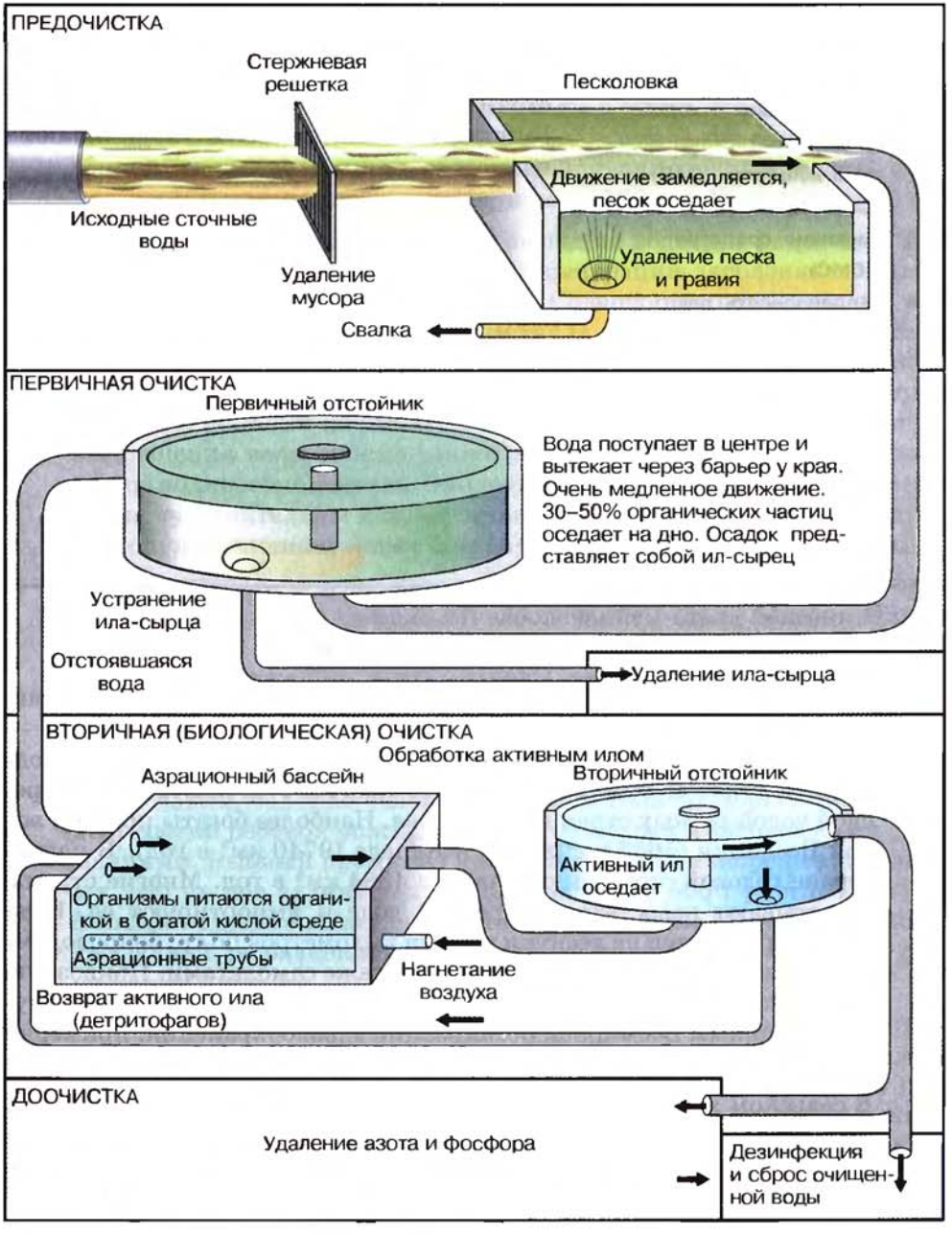


Рис.121.
Схема очистных сооружений

Дефицит пресной воды. Разбавление отходов. Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Синтетические моющие средства (СМС). Водоносность рек. Химическая очистка воды. Биологическая очистка воды. Поля фильтрации. Биофильтры. Аэротенки.

❑ **Бережное расходование пресной воды, своевременная и действенная очистка сточных вод, охрана водных ресурсов сокращают их дефицит и увеличивают возможности их использования.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Основную часть используемых человеком водных ресурсов составляет речной сток. Полный годовой сток рек на нашей планете — 37 тыс. км^3. Почти под каждой рекой течет подземная река, и подземный годовой сток составляет 13 тыс. км^3. Обеспеченность пресной водой разных стран неодинакова. Наиболее богаты пресной водой Бразилия (5668 км^3 в год) и Канада (9740 км^3 в год). В нашей стране годовой сток рек составляет 4384 км^3 в год. Многие страны испытывают недостаток в пресной воде и импортируют ее. Вода транспортируется на десятки и сотни километров по трубопроводам, перевозится судами, автомашинами и даже самолетами. Привозную воду используют жители Алжира, Голландии, Гонконга, Сингапура. По данным Всемирной организации здравоохранения, примерно 1,2 млрд человек страдают от нехватки чистой питьевой воды.
2. В сельском хозяйстве вода используется в огромных количествах: 70% от всего водопотребления. Для основных сельскохозяйственных культур установлены следующие нормы орошения (в м^3 на 1 га): зерновые — 1500—3500, многолетние травы — 2000—8000, хлопчатник — 5000—8000, рис — 8000—15 000.
3. В коммунальном хозяйстве вода используется для бытовых нужд населения, на работу предприятий бытового обслуживания, мытье

улиц и поливку зеленых насаждений, на противопожарные меры. Это составляет примерно 15% от расхода воды в промышленности. Считается, что в благоустроенном городе на личные нужды каждый житель расходует 200—300 л воды в сутки. На одного жителя Москвы приходится свыше 400 л воды в сутки, на одного жителя Санкт-Петербурга — более 300 л. В Лондоне каждый житель расходует 170 л воды в сутки, в Париже — 160 л, в Брюсселе — 85 л.

4. Методы определения степени загрязнения водоемов различны. Это может быть прямое измерение концентрации загрязнителей (например, солей тяжелых металлов). Содержание органических веществ часто выявляют по количеству O_2, поглощенного определенным объемом воды в единицу времени, при бактериологическом анализе определяют количество бактерий в 1 $см^3$ воды при выращивании колоний на питательных средах в лаборатории. Степень загрязнения воды можно также установить по видовому разнообразию водных биоценозов. Около 800 обитателей пресных водоемов очень чувствительны к присутствию в воде органических веществ, они служат индикаторами благополучия в водных экосистемах.

5. После громкого судебного процесса 1971 г. широко известным кумулятивным (накопительным) заболеванием стала болезнь Минамата. В 1950-х гг. предприятие по переработке руды сбрасывало отходы, содержащие ртуть, в воды залива Минамата (Япония). Бактерии перерабатывали ее в диметилртуть. По цепям питания она попадала и накапливалась в рыбах до 50 мг/кг. Люди, питаясь рыбой, получали сильнейшие отравления, нервно-паралитические заболевания, более 50 человек умерло. С 1955 по 1959 г. здесь каждый третий ребенок рождался с психическими и физическими аномалиями. Рыбный промысел в заливе до сих пор запрещен; полагают, что на дне залива находится еще около 600 т ртути. Болезнь Минамата вошла во все справочники в качестве примера болезни, вызванной загрязнением окружающей среды и кумуляций ртути по цепям питания.

6. Примером удачного использования оборотных вод в автохозяйстве служит замкнутая система «Кристалл». В ней использованная для мойки автомашин вода подается на вибрационные фильтры, где очищается от грубых взвесей и песка. Затем она поступает в фильтровальные колонны, заполненные синтетическим материалом — сипроном, который поглощает нефтепродукты. Очищенная вода собирается в резервуары и вновь используется для мойки автомашин. Повторное использование доочищенных сточных вод в 20—25 раз снижает потребление свежей воды и уменьшает сброс сточных вод в водоемы.

❑ **Вопросы. 1.** Найдите в справочнике описание физических и химических свойств воды: агрегатные состояния, плотность воды и льда, температура кипения и плавления, удельная теплоемкость, теплота испарения, диэлектрическая проницаемость и др. Как эти свойства обусловливают роль и функции воды в природе и живых организмах? **2.** На какие нужды использует человек пресную воду? **3.** Какие вещества наиболее опасны при загрязнении водоемов и почему? **4.** Как можно определить степень загрязнения реки, озера? **5.** Как применяется правило региональности при использовании водных ресурсов? **6.** Почему расход воды на орошение считается рациональным и в дальнейшем будет увеличиваться?

❑ **Задания. 1.** Выясните, как используются поверхностные и подземные воды вашего района и области. **2.** Для ликвидации нефтяных разливов в океане предлагают поджигать нефть. Предскажите возможные экологические последствия применения такого способа ликвидации нефтяного загрязнения. **3.** Предложите, как можно более рационально использовать водные ресурсы в вашем районе и сохранить их от загрязнений.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Почему приходится искусственно очищать воду, если водоемы обладают способностью к самоочищению? **2.** Если столь велики преимущества в использовании замкнутых и оборотных циклов в промышленности, то почему их недостаточно используют в настоящее время?
Подготовьте дискуссию на тему: «Уникальные свойства воды, имеющие значение для жизни, антропогенные воздействия на водоемы и их последствия».

ВСПОМНИТЕ

Основные месторождения полезных ископаемых: каменного угля, нефти, газа, железной руды, цветных металлов в России и в мире

Методы добычи, обогащения и использования полезных ископаемых

§ 37. Использование и охрана недр

Недра и их значение для человека. Недра — это верхняя часть земной коры, в которой добывают полезные ископаемые. Исключительно важное значение полезных ископаемых в развитии человеческого общества отражено в названиях длительных исторических периодов: «каменный», «бронзовый», «железный». В настоящее время использование полезных ископаемых достигло максимума и темпы эксплуатации их запасов продолжают возрастать.

Большинство полезных ископаемых относится к невозобновимым природным ресурсам, и их запас уменьшается по мере использования. По прогнозам ученых, в начале XXI века человечество исчерпает пятую часть железных руд, половину запасов никеля и кобальта, большую часть запасов свинца, цинка, вольфрама (рис. 122). В настоящее

время многие богатые месторождения с высоким содержанием металлов в рудах уже отработаны и используют бедные месторождения. Например, сейчас считается рациональной разработка медных руд с содержанием меди менее 1% — в 10 раз ниже, чем в первой половине XIX века. Создаются новые технологии извлечения металла, обогащения и переработки руд. Следовательно, одной из важнейших задач охраны недр является бережное расходование минеральных и энергетических ресурсов.

Потери при разработке полезных ископаемых достигают огромных размеров. Так, при мировой добыче ежегодно теряется меди 600 тыс. т, свинца — 300, цинка — 500. Отдача нефтеносных слоев в 1975 г. не превышала 30%, к концу столетия она достигла почти 40%.

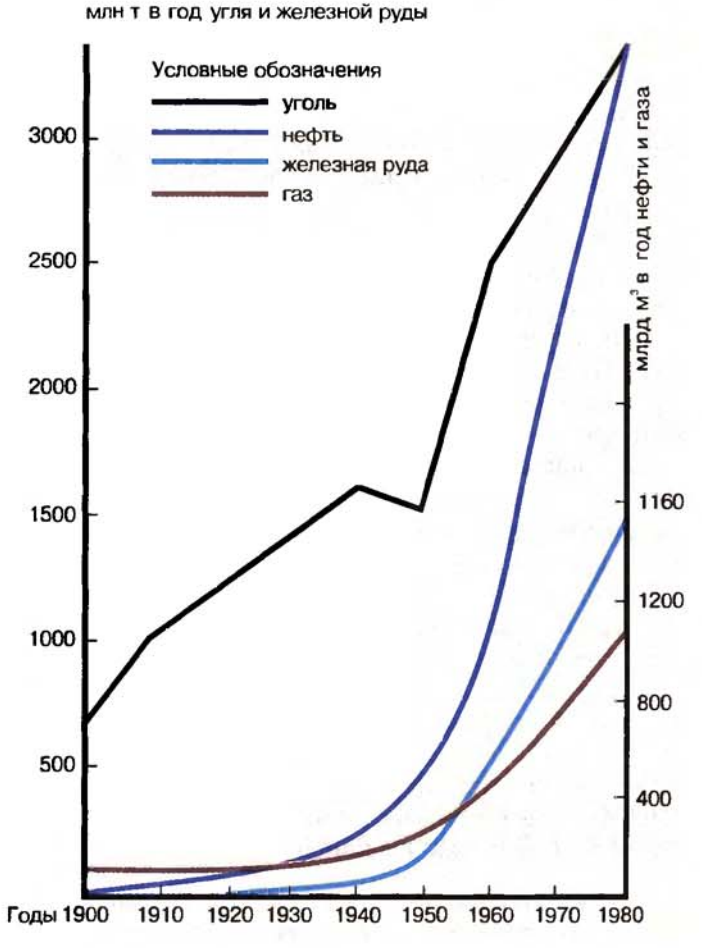


Рис. 122. Возрастание мировой добычи полезных ископаемых

При современных технологиях добычи и переработки только 1—5% от всего объема извлекаемых полезных ископаемых реализуется в виде чистой продукции, а остальное является отходами. Поэтому важнейшим направлением в рациональном использовании и охране недр является совершенствование методов добычи, транспортировки и переработки полезных ископаемых.

Добывая полезные ископаемые шахтным и открытым методом, человек иногда полностью преобразует природные ландшафты. Сейчас *открытым способом* в мире добывают до 70% минерального сырья. В районах открытых горных разработок обычными становятся безжизненные рукотворные, «лунные» ландшафты. Такие рукотворные каньоны, «лунные долины», характерны для Курской магнитной аномалии, Криворожского бассейна, Черемховского угольного месторождения.

Охрана недр включает в себя максимально полное использование разрабатываемых месторождений, что позволяет не начинать разработку новых. Полнота выработки служит характеристикой рациональности работы добывающего предприятия.

Преимущество отдается открытым способам добычи полезных ископаемых, при которых месторождения разрабатываются с более высоким КПД. Наиболее полной выработке месторождений способствует использование сопутствующих компонентов. Так, рационально одновременно с железом добывать сопутствующие ему титан, ванадий, молибден, кобальт, вместе с медью — кадмий, селен, галлий, вместе с нефтью — иод, бром, серу. Применяемая ранее добыча только одного металла на месторождении полиметаллических руд считается сейчас нерациональной.

Большое значение в сохранении месторождений полезных ископаемых имеет использование в промышленности *вторичного сырья*. Так, существенное увеличение производства металлов может быть достигнуто благодаря сбору и использованию металлолома. Общая масса изделий из металла, которые сейчас находятся в обращении, составляет 6 млрд т. Многие изделия сравнительно быстро изымаются из обращения из-за технического износа и морального старения. Подсчитано, что 20—25% металла, заключенного в них, может сравнительно быстро вновь использоваться в производстве, а еще 40—45% — через более долгий срок. Общие запасы потенциального металлолома таковы, что могут долгое время полностью удовлетворять промышленность в сырье. При этом 1 т чугунного или стального лома может сберечь 3,5 т минерального сырья, 2 т железной руды, 1 т кокса и 0,5 т известняка.

Для сокращения потерь при транспортировке сырья все чаще переходят на использование трубопроводов и контейнеров. Газо-

проводы и нефтепроводы постепенно вытесняют другие средства доставки газа и нефти по суше.

Одним из путей сохранения полезных ископаемых служит использование *попутных энергетических ресурсов.* Например, мало используется тепло, образующееся при сжигании топлива на цементных заводах, в мартеновских печах. Оно в этих производствах теряется и рассеивается вместе с отходящим паром.

Экономия ископаемых энергетических ресурсов возможна также при переходе на использование *альтернативных источников энергии* — геотермальных вод, энергии солнца, ветра и морских приливов.

Важное значение имеет замена редкого минерального сырья синтетическими материалами. Металлы во многих случаях успешно заменяют пластмассами.

Охрана природной среды при разработке полезных ископаемых. Добыча полезных ископаемых сопровождается существенными изменениями окружающей природной среды из-за создания отвалов, терриконов, карьеров, появления провальных воронок, загрязнения воздуха, воды, почвы. Отвалы образуются из пустой породы, которую поднимают из недр вместе с рудой и углем и после сортировки сваливают вблизи шахт и штолен. Порода, сложенная в терриконы и содержащая остатки каменного угля, часто самовозгорается. Поэтому терриконы дымят в течение многих лет, дополнительно загрязняя окружающую среду. Когда месторождения разрабатывают открытым способом, в карьере, вынутые породы покрывают большие площади плодородных земель, занятых ранее полями, лугами, лесами. *Рекультивация* — восстановление промышленно нарушенных территорий — предусмотрена законом. Предприятия, добывающие минеральные ресурсы, обязаны еще до начала работ обеспечить возможности для восстановления нарушенного ландшафта. В районах добычи угля шахтным способом ликвидируют терриконы, используя породу для строительства дорог, фундаментов домов. Это приносит двойную пользу: сохраняется естественный ландшафт и снижаются затраты на строительство из-за использования дешевого сырья. На месте бывших терриконов разбивают парки, сажают леса. Остающиеся пустые породы используют для заполнения выработанных шахт и штолен.

После прекращения открытой выработки поверхности отвалов выравнивают, делают террасы на стенках карьеров, а токсичные и бесплодные породы покрывают почвой, на которой могут жить растения. Часто используют плодородные почвы, которые были удалены отсюда в начале разработки месторождения. Рекультивированные участки используют для посадки лесов, создания зон отдыха.

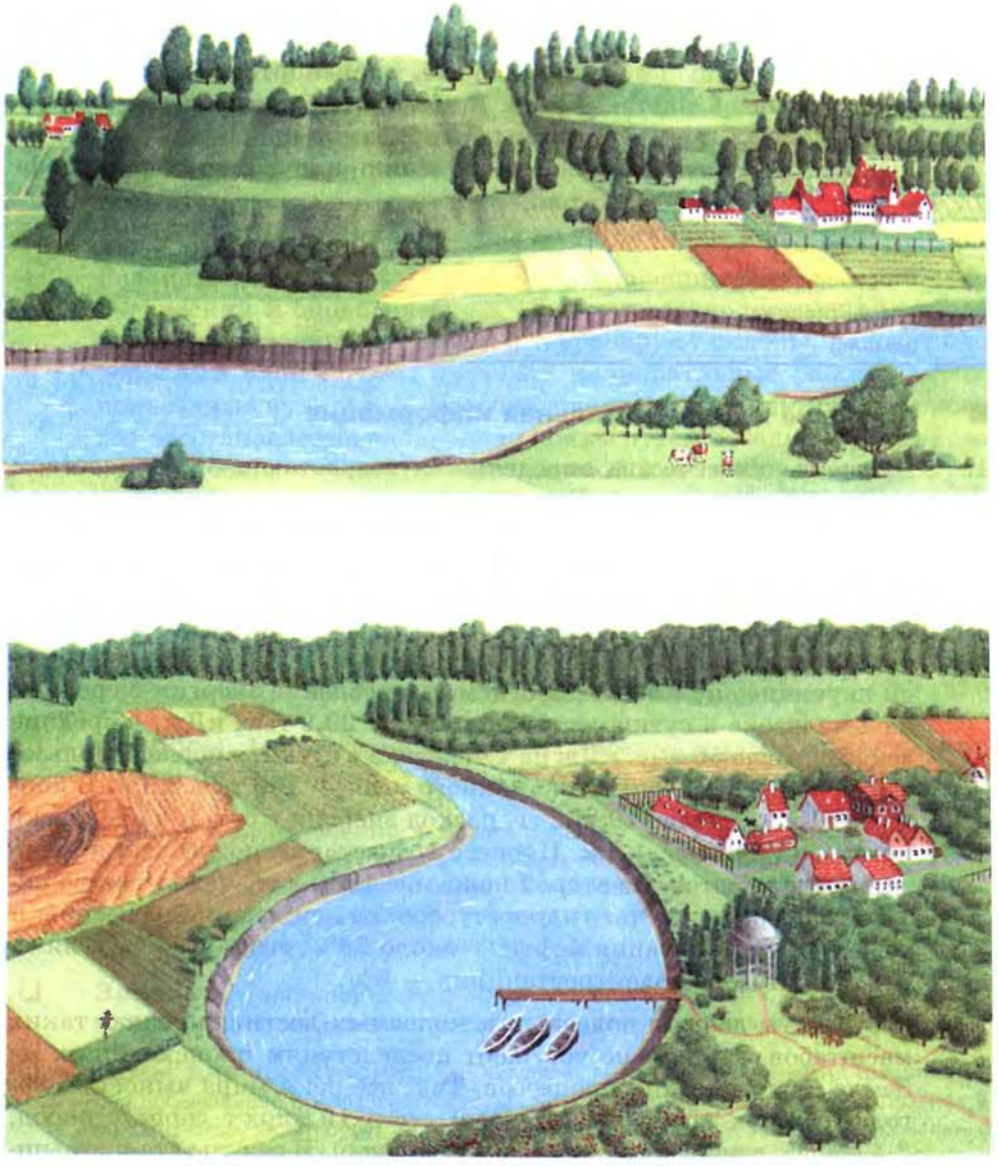


Рис. 123.
Рекультивация земель после добычи каменного угля и железной руды

❑ **Недра. Полезные ископаемые. Минеральные и энергетические ресурсы. Шахтный и открытый способы добычи полезных ископаемых. Вторичное сырье. Рекультивация земель.**	❑ **Полезные ископаемые относятся к невозобновимым природным ресурсам. Необходимо их бережно расходовать, беречь при добыче, транспортировке и переработке. В местах добычи полезных ископаемых необходимо проводить работы по восстановлению нарушенных ландшафтов.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Прогресс человечества определяется возрастающим количеством использования энергии. В доисторические времена универсальным источником энергии была древесина, в XVI—XVII вв. н. э. человек научился использовать каменный уголь, в XVIII в. стал широко применять его для выплавки металлов, в середине XIX в. стал использовать нефть, в XX в. — горючие газы и сланцы. При этом постоянно возрастало энергопотребление. В каменном веке, когда люди научились пользоваться огнем, потребление энергии в среднем на 1 человека в сутки составляло около 29,9 тыс. кДж, в средние века достигло 50 тыс. кДж на 1 человека в сутки, а после использования в качестве топлива каменного угля — 109 тыс. кДж. В конце 1970-х — начале 1980-х гг. расход энергии в сутки на человека превышал 840 тыс. кДж. Процесс возрастания потребления энергии продолжается. Во второй половине 1980-х гг. человечество получало энергии за счет гидроресурсов 5%, сжигания древесины и торфа — 5%, сжигания нефти — около 36%, газа — 24%, угля — 24%, на атомных электростанциях — 6%.
2. Результаты добычи полезных ископаемых достигли сейчас таких масштабов, что они не уступают последствиям происходящих на Земле геологических процессов. Так, все реки мира выносят ежегодно в моря и океаны (твердый сток) 15 млрд т горных пород, 3,4 млрд т выдувает ветер (эоловый вынос). В результате промышленно-технической деятельности людей из недр в 1980 г. было добыто 3,8 млрд т руды и горючих ископаемых. Количество щебня, гравия, глины, сырья для производства цемента и других материа-

лов при городском и дорожном строительстве, сооружении плотин составляет не менее 120 млрд т в год. При распашке полей, разработке недр и строительных работах перемещается 4 тыс. км^3 почвы и грунта.

3. Потери полезных ископаемых происходят и при транспортировке. Так, только за счет выдувания угольной пыли при перевозке угля из Новокузнецка в Магнитогорск теряется в среднем 1,2 т на каждый железнодорожный открытый полувагон. Устранение этих потерь возможно при устройстве в пунктах отправки продукции несложных установок для поливки угля водомазутными эмульсиями, образующими на поверхности устойчивую пленку.

4. Различают два основных этапа рекультивации земель: горнотехнологический и биологический. При горнотехнологической рекультивации разравнивают отвалы, террасируют склоны, наносят плодородный слой почвы, проводят мелиоративные работы, строят подъездные пути и т. д. При биологической рекультивации проводят восстановление плодородия почвы путем посадки растений, завоза животных. Сначала высаживают малотребовательные культуры с большой растительной массой (злаки и бобовые), вносят удобрения и торф. Перед посадкой деревьев часто высевают люпин многолетний и донник белый. На Урале при озеленении терриконов и каменистых осыпей используют вяз обыкновенный, иву козью, кизильник. На отвалах фосфоритных разработок в Брянской области хорошо растут сосна и береза, на отвалах бурого угля в Подмосковье успешно используют эти же растения.

❑ **Вопросы. 1.** В чем преимущества использования вторичного сырья? **2.** Каковы пути сокращения потерь сырья при добыче, обогащении, обработке, транспортировке? **3.** В чем сущность рекультивации земель? **4.** Какое значение для развития цивилизации имеют запасы полезных ископаемых? **5.** В чем различия с точки зрения охраны природы в разработке рудных месторождений и запасов торфа? **6.** Хорошо известны слова Д. И. Менделеева: «Нефть — это не топливо; топить можно и ассигнациями». Что имел в виду великий химик и какое отношение эти слова имеют к охране недр?

❑ **Задание.** Рассмотрите карту вашего района. Установите, какие полезные ископаемые здесь добываются, в чем состоят основные меры по их охране.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Обсудите, возможно ли развитие цивилизации без добывающей промышленности. **2.** Как, по вашему мнению, будет развиваться общество, если будут исчерпаны все запасы руд и горючих ископаемых? **3.** Выскажите свое мнение, могут ли металлы в будущем быть полностью заменены синтетическими материалами. **4.** Промышленные циклы должны быть аналогичными природным циклам. Расшифруйте смысл этого утверждения. Найдите сходные черты в некоторых промышленных циклах природным циклам.

ВСПОМНИТЕ

Строение почвы
Образование почвы
Свойства почвы
Районы наиболее плодородных почв

§ 38. Почвенные ресурсы, их использование и охрана

Обрабатываемые земли — результат сложных естественных процессов и многовекового труда людей. Поэтому качество почв зависит от длительности возделывания земли и культуры земледелия. Вместе с урожаем человек изымает из почвы минеральные и органические вещества, тем самым обедняя ее. Поэтому необходимо постоянно пополнять запасы этих веществ в почве внесением удобрений. Тщательно удобряя и обрабатывая почву, соблюдая последовательность культур в севооборотах, человек повышает плодородие почвы настолько, что большинство современных возделываемых почв следует считать искусственными, созданными при участии человека.

Таким образом, в одних случаях воздействие человека на почву может приводить к повышению ее плодородия, в других — к ухудшению, деградации и гибели.

К особо опасным последствиям отрицательного воздействия человека на почвы относится их ускоренная эрозия.

Рис. 124.
Полезащитная лесополоса

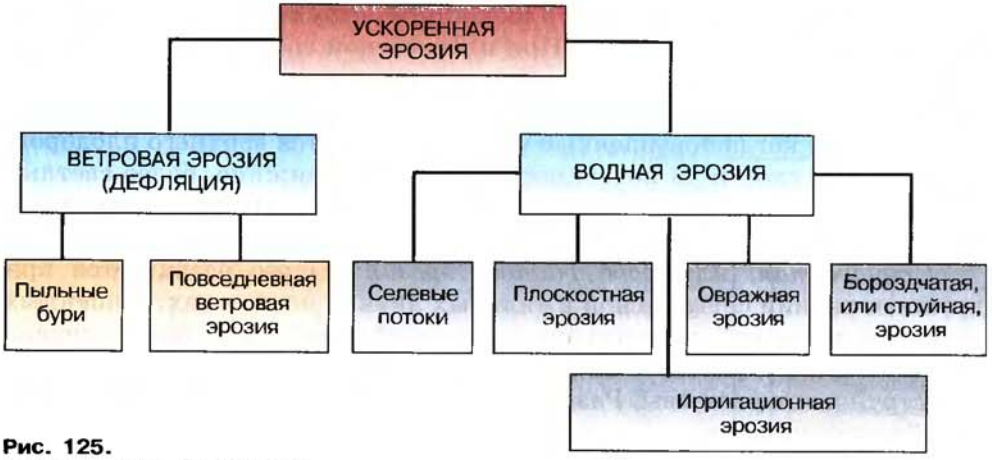


Рис. 125.
Основные виды эрозии почв

*Под **эрозией** почвы понимают процессы разрушения и выноса плодородного слоя водой или ветром. Естественная эрозия протекает очень медленно, и процессы вымывания и выдувания почв уравновешиваются естественным почвообразованием. При ускоренной эрозии разрушение почвы происходит во много раз быстрее естественных процессов ее восстановления.*

Образование плодородного гумусового горизонта мощностью 25 см происходит в течение 2—7 тысячелетий. При катастрофических ураганах, ливнях нарушенные человеком почвы могут быть уничтожены в течение нескольких дней и даже часов.

Различают несколько типов ускоренной эрозии почв (рис. 125).

Ветровая, или *эоловая, эрозия* происходит при перемещении ветром мелких частиц почвы. Распространена она на сухих песчаных почвах, содержащих много мелких пылевидных частиц. Существует местная, повседневная, ветровая эрозия (поземка) и пыльные, или черные, бури. Повседневная ветровая эрозия распространена локально и особенно ярко проявляется на ветроударных склонах. Поземка опасна для многих растений, у которых она рассекает листья, нарушает покровные ткани, обнажает корни и вызывает гибель. *Местная ветровая эрозия* может быть верховой, когда при ветрах образуются смерчи, столбы пыли, поднимаемые на большую высоту.

Пыльные, или *черные*, бури также возникают при сильных ветрах, которые поднимают такое количество пыли, что воздух теряет прозрачность. В песчаных пустынях Африки, Аравии, Азии они известны с древности. Они распространены в Нижнем Поволжье, на Северном Кавказе, на Украине, в Казахстане.

Водная эрозия может быть плоскостной, струйчатой и овражистой. Она вызывает оползни и сели. При плоскостной эрозии происходит постепенный смыв поверхностного слоя почвы талыми водами и дождями в понижения. Вначале плоскостная эрозия мало заметна. Обнаружить ее можно тогда, когда повышенные участки лишаются верхнего плодородного темного слоя и на поверхность выступают нижние, более светлые горизонты. На лишенных гумусового слоя участках почвы плохо развиваются растения, снижается урожай.

Струйчатая, или бороздчатая, эрозия быстро развивается при дружном таянии снега весной и сильных ливнях на склонах, лишенных растительности или занятых пропашными культурами. Вода, стекающая по склонам, увлекает за собой частицы почвы, образуя параллельные струйчатые размывы. Развитию этой эрозии способствует распашка полей вдоль склонов.

Овражистая эрозия развивается на склонах, лишенных древесной растительности, со слабо развитой дерновиной. Ручейки, сбегающие со склона, соединяются вместе, образуют единый крупный поток. Он смывает поверхностный слой почвы, углубляет дно оврага до материнской породы, подмывает берега. Средняя скорость роста оврага в безлесных районах 1—3 м в год, в отдельных районах она может достигать 8 и даже 25 м в год. Скорость роста оврагов зависит от особенностей почвы, рельефа местности, природно-климатических условий, развития растительности и дерновины.

Селевые потоки и оползни — наиболее опасные формы водной эрозии в горах. Возникают они в результате вырубки горных лесов, перевыпаса скота, нарушающего растительный покров на склонах. Сели (от араб. «поток») — это мощные грязекаменные потоки, возникающие на горных склонах после сильных дождей. Вода сносит с крутых склонов почву, крупные камни, вырванные с корнями деревья. Сели обладают большой разрушительной силой, приносят огромные убытки, сопровождаются человеческими жертвами.

Ирригационная эрозия возникает в районах орошаемого земледелия в результате неумеренного и неправильного полива. В тех случаях, когда вода на поля подается мощным потоком, стекает по склонам, происходит смыв и разрушение почвы и даже образование оврагов.

Водная эрозия распространена на Земле значительно шире, чем ветровая. Приносимый ею вред более существенный (рис. 126).

Охрана почв. Среди многих природоохранных задач важнейшая — *рациональное использование и охрана земель.* Основа ее — борьба с эрозией почв, ее причинами и последствиями. В нашей стране разработаны межзональные, общие для всех природно-климатических зон меры борьбы с ускоренной эрозией почв, и конкретные для каждой природно-климатической зоны. *Межзональные мероприятия по борьбе с эрозией почв*

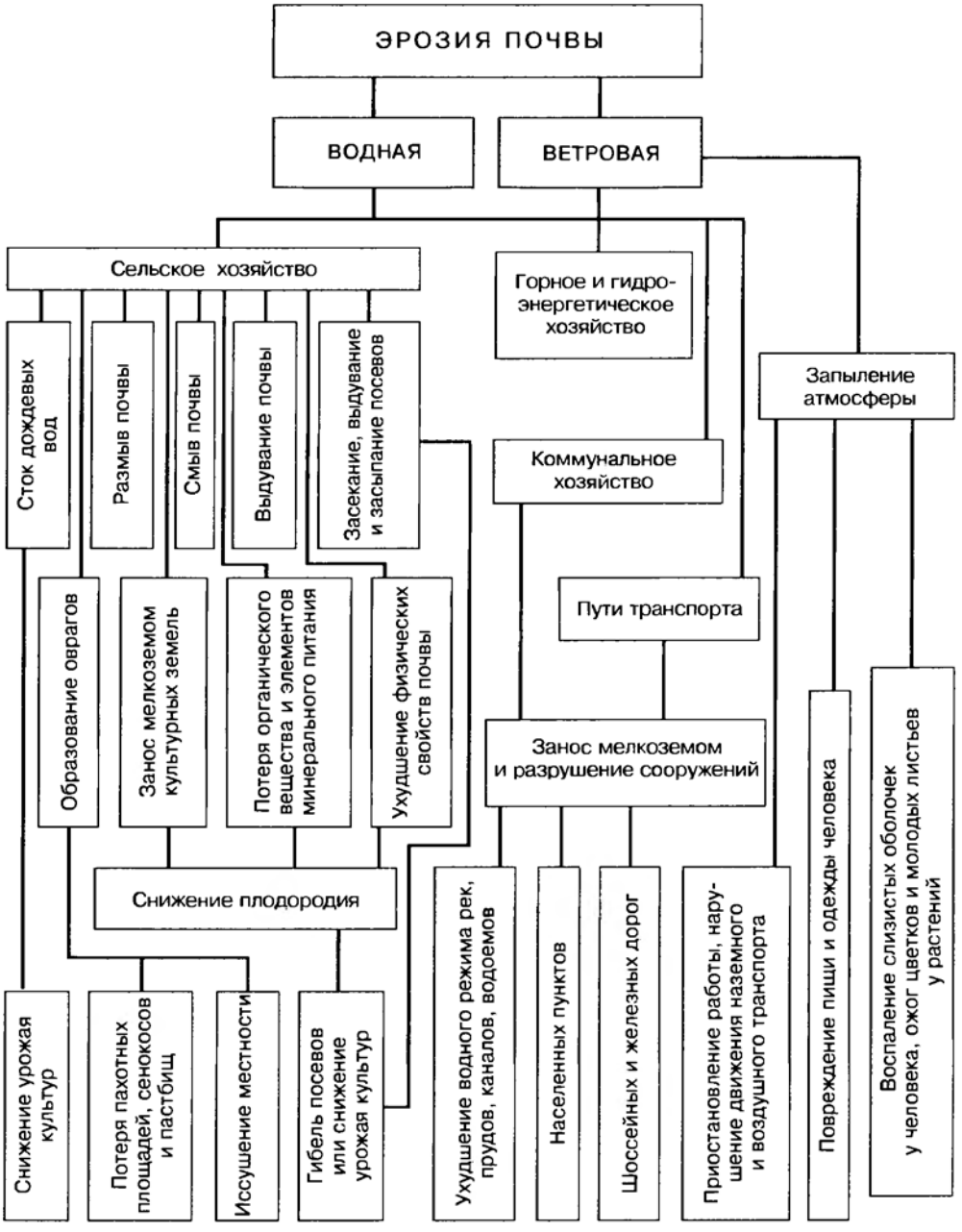


Рис. 126.
Вред, приносимый эрозией почв

включают следующие: 1) противоэрозионную организацию территории, включающую правильное размещение и чередование севооборотов, полезащитных лесонасаждений и гидротехнических сооружений; 2) введение почвозащитных и лугопастбищных севооборотов, включающих многолетние травы, занятые пары, сокращение площадей пропашных культур и черных паров; 3) прекращение рядового посева растений, культивация полей вдоль склонов; 4) создание на склонах полос-буферов из многолетних трав; 5) укрепление, облесение склонов оврагов, песков, создание защитных лесонасаждений; 6) залужение и закрепление ложбин, крутых склонов, заравнивание промоин; 7) регулирование выпаса скота в балках, на крутых склонах, супесчаных и песчаных почвах; 8) специальные меры по защите насыпей дорог от размыва.

Зональные мероприятия по борьбе с эрозией очень разнообразны. В группу агротехнических мер включают: 1) вспашку, культивацию, посев растений поперек склона; 2) углубление пахотного слоя для лучшего впитывания влаги и уменьшения поверхностного стока; 3) безотвальную обработку почв по стерне; 4) прокладку на глубине 40—50 см специальных горизонтальных скважин, или дрен, для стока излишней воды и др.

Лесомелиоративные меры заключаются в создании полезащитных лесных полос.

Для борьбы с оврагами, подмывом и разрушением их берегов, катастрофическими паводками, оползнями, селями предусмотрено создание валов, дамб, плотин, каналов в сочетании с облесением территорий вокруг гидротехнических сооружений.

❑ **Почва. Эрозия: естественная, искусственная, ускоренная; ветровая: поземка, пыльные бури; водная: плоскостная, струйчатая, овражистая, селевые потоки и оползни. Меры борьбы с эрозией. Лесомелиорация.**

❑ **Разрушение почвы можно предупредить, задержать ее эрозию и восстановить эродированные почвы, это требует больших затрат труда и средств.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Обрабатываемые земли дают 88% энергии, получаемой человечеством с пищей, около 10% ее люди получают от естественных лугов, пастбищ, лесов и 2% дают ресурсы Мирового океана.

2. Обрабатываемые земли мира составляют в среднем 0,5 га на каждого жителя Земли. Этот показатель различен в разных странах: США — 0,91 га, Канада — 2,05 га, Великобритания — 0,13 га, Германия — 0,13 га, Япония — 0,05 га на человека. Количество обрабатываемых земель постоянно сокращается.

3. Селевые потоки характерны для всех горных систем мира. Исторические хроники содержат сведения о катастрофических селях в Тирольских Альпах, в Австрии, начиная с 600 г. н. э., в XVIII в. их было уже семь, в XIX в. — девять, в XX в. — десять.
Попытки предотвратить катастрофы, вызванные селями, восходят к глубокой древности. В 1640 г. в Тирольских горах была сооружена одна из наиболее древних противоселевых плотин. Эта каменная дамба высотой от 3 до 6 м, длиной 230 м и шириной в верхней части 2—4 м и сегодня продолжает защищать поселки от селевых потоков.
Уникальная селезащитная плотина была создана в 1967 г. на реке Малая Алма-Атинка. В 1973 г. она задержала огромный селевой поток объемом 3,8 млн $м^3$, заполнивший большую часть селехранилища. После надстройки в 1977 г. высота плотины стала 150 м, емкость селехранилища достигла 12,6 млн $км^3$.

4. Отрицательное влияние на почву оказывают отходы промышленных предприятий, выхлопные газы автомобилей, шахтные воды, отходы нефтепромыслов. Избыточное количество марганца, хрома, меди, кобальта, никеля, свинца в почвах, окружающих заводы, снижает урожайность зерновых на 20—30%, бобовых — на 40%, картофеля — на 47%, сахарной и кормовой свеклы — на 35%. Загрязнение почв солями тяжелых металлов угнетает развитие растений, вызывает гибель корневой системы, снижает урожай. Поэтому борьба с выбросами вредных веществ в атмосферу — это не только сохранение чистоты воздуха, но и борьба за сохранение плодородия почвы.

❑ **Вопросы. 1.** Как проявляется опустынивание территорий и с чем оно связано? **2.** В чем сущность межзональных мер по борьбе с эрозией почв? **3.** В чем сущность плоскостной и овражистой эрозии почв и чем они опасны? **4.** Где возникает наибольшая вероятность пыльных бурь? **5.** Почему возникают селевые потоки и как с ними бороться? **6.** Какие виды удобрений используют в том районе, где вы живете? Как зависит характер подкормки растений от типа почв и видов возделываемых культур?

❑ **Задания. 1.** Рассмотрите почвенную карту и карту растительности мира. Объясните, с какими почвами и каким типом растительности связаны основные сельскохозяйственные районы. С какими природно-климатическими зонами связаны наиболее плодородные почвы? **2.** Приведите примеры противоэрозионных мер, проводимых в вашем районе, области, и докажите их эффективность.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Обсудите, можно ли добиться высоких и устойчивых урожаев при полном отсутствии химических удобрений. **2.** В стране широко развито строительство гидросооружений. Как, по-вашему, это отражается на состоянии почв окружающей территории? **3.** Предполагается составить Красную книгу почв. Какие почвы, по вашему мнению, нужно внести в эту книгу? Как их сохранить? **4.** Известно, что в степной зоне происходит деградация плодороднейших черноземных почв. Можно ли их сохранить и какими способами?

ВСПОМНИТЕ

Роль зеленых растений в биосфере
Значение растений для человека
Основные типы растительности и их распространение

§ 39. Современное состояние и охрана растительности

Растения играют важнейшую роль в природе. Благодаря фотосинтезу они обеспечивают существование жизни на Земле. Как продуценты растения образуют органические вещества из неорганических. Фотосинтез в растениях на Земле протекает повсеместно, поэтому суммарный эффект его колоссален. По приблизительным подсчетам, растительность суши ежегодно ассимилирует 20—30 млрд т углерода, примерно столько же потребляет фитопланктон океанов. В течение 300 лет растения нашей планеты усваивают столько углерода, сколько суммарно его содержится в атмосфере и в воде. При этом растения ежегодно образуют около 177 млрд т органического вещества, а годовая химическая энергия продуктов фотосинтеза в 100 раз превосходит выработку энергии всеми электростанциями мира. Весь кислород атмосферы проходит через живые организмы примерно за 2000 лет, а растения используют и разлагают всю воду нашей планеты примерно за 2 млн лет.

Из всех растительных ресурсов Земли самое важное значение в природе и жизни человека имеют леса. Они больше всего пострадали от хозяйственной деятельности и раньше других стали объектом охраны.

Леса, в том числе посаженные людьми, занимают площадь около 40 млн км^2, или около 1/3 поверхности суши. На планете 30% хвойных и 70% лиственных лесов. Леса оказывают влияние на все компоненты биосферы, играют огромную средообразующую роль (рис. 127).

Лес используется в различных отраслях народного хозяйства (рис. 128). Он служит источником химических веществ, получаемых при переработке древесины, коры, хвои. Лес поставляет сырье для по-

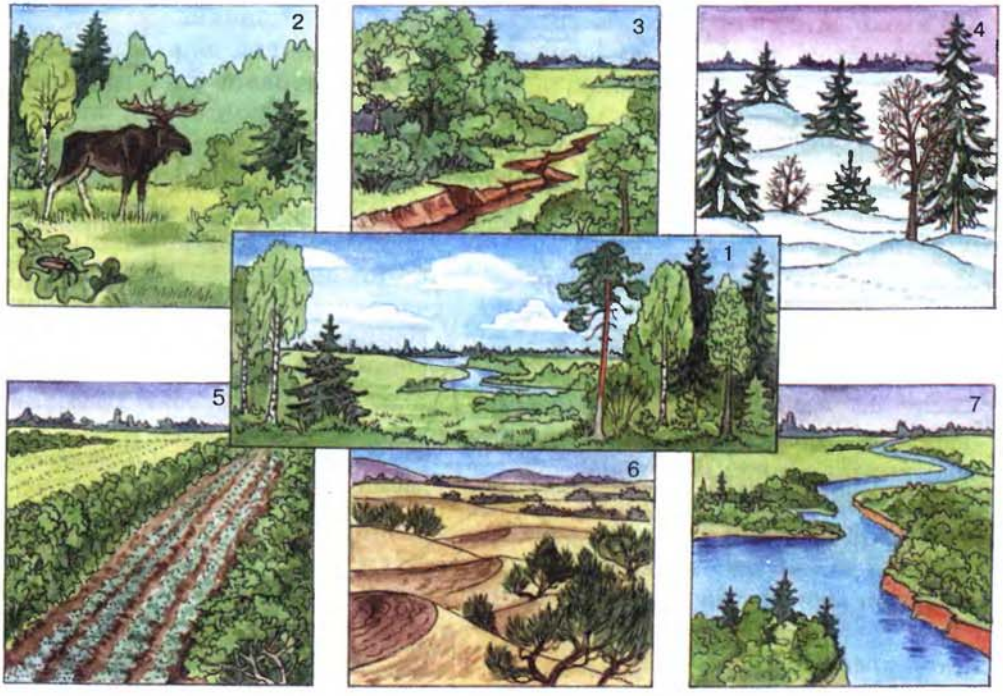


Рис. 127.
Роль леса в природе: *1* — очищает воздух; *2* — создает места обитания животных; *3* — защищает почву от эрозии; *4* — задерживает осадки (уменьшает поверхностный сток); *5* — создает благоприятный микроклимат для сельскохозяйственных растений; *6* — закрепляет пески; *7* — препятствует загрязнению вод

лучения свыше 20 тыс. изделий и продуктов. Почти половина производимой в мире древесины расходуется на топливо, а треть идет на производство строительных материалов. Дефицит древесины остро ощущается во всех промышленно развитых странах. В последние десятилетия большое значение приобрели леса рекреационных и санитарно-курортных районов.

Причины и последствия сокращения лесов. Вырубка лесов началась на заре человеческого общества и по мере его развития возрастала, так как потребность в древесине и других продуктах леса быстро увеличивалась. За последние 10 тыс. лет на Земле сведено 2/3 лесов. Поэтому говорят: человеку предшествуют леса, его сопровождают пустыни. За историческое время около 500 млн га превратились из лесов в бесплодные пустыни. Леса уничтожаются так быстро, что площади вырубок существенно превышают площади посадок деревьев. К настоящему времени в зоне смешанных и широколиственных лесов сведено

Рис. 128.
Схема использования древесины при ее переработке

около 1/2 их первоначальной площади, в средиземноморских субтропиках — 80%, в зонах муссонных дождей — 90%. На Великой Китайской и Индо-Гангской равнинах леса сохранились только на 5% их былого распространения. Влажные тропические леса вырубаются и сокращают площадь со скоростью около 26 га в минуту, есть опасения, что они исчезнут через 25 лет. Вырубленные участки влажного тропического леса не восстанавливаются, а на месте их образуются малопродуктивные кустарниковые формации, а при сильной эрозии почв происходит опустынивание.

В связи с вырубкой лесов сокращается водоносность рек, высыхают озера, понижается уровень грунтовых вод, усиливается эрозия почв, более засушливым и континентальным становится климат, часто возникают засухи и пыльные бури.

Охрана и восстановление лесов. *Основная задача охраны лесов — их рациональное использование и восстановление. Важное значение имеет повышение продуктивности лесов, защита их от пожаров и вредителей.*

При правильном ведении лесного хозяйства рубки на отдельных участках повторно должны проводиться через 80—100 лет, когда лес достигнет полной спелости. Во многих центральных областях Европейской России к повторным рубкам вынуждены возвращаться значительно раньше. Превышение норм вырубок привело к тому, что во многих районах леса потеряли свое климатообразующее и водорегулирующее значение. Существенно возросла доля мелколиственных лесов.

Другая важная мера по сохранению лесов — это борьба с потерями древесины. Наибольшие потери происходят при заготовке древесины. На местах рубок остается много ветвей и хвои, которые могут использоваться для приготовления хвойной муки — основы витаминных и протеиновых концентратов для скота. Эти отходы перспективны для получения эфирных масел.

Часть древесины теряется при лесосплаве. В отдельные годы в северные моря реками выносится так много бревен, что в Скандинавских странах существуют специальные суда для их вылова и промышленность для их переработки. В настоящее время нерациональный сплав бревен без объединения их в плоты на крупных реках запрещен. Возле предприятий деревообрабатывающей промышленности строят заводы по производству мебели из древесноволокнистых плит.

Важнейшим условием для сохранения лесных ресурсов служит своевременное лесовозобновление. Только треть ежегодно вырубаемых в России лесов восстанавливается естественным путем, остальные требуют специальных мер по их возобновлению. При этом на 50% площади достаточно только мер содействия естественному возобновлению, на другой — необходимы посев и посадка деревьев. Слабое возобновление лесов часто связано с прекращением самосева, уничтожением подроста, разрушением почвы при рубках леса и транспортировке древесины. Положительно на восстановлении лесов сказывается очистка их от растительной ветоши, ветвей, коры, хвои, остающихся после рубок.

Большую роль в воспроизводстве лесов играет осушительная мелиорация: посадка улучшающих почву деревьев, кустарников и трав. Это способствует быстрому росту деревьев и улучшению качества древесины. Продуктивность лесов повышается за счет посева люпина многолетнего в междурядья посадок сосны, ели, дуба.

На вырубках, где естественного возобновления леса не происходит, после рыхления почвы производят посев семян или посадку выращенных в питомниках саженцев. Так же восстанавливают леса на гарях, полянах. На таких участках высаживают высокопродуктивные специально подобранные и выведенные сорта деревьев.

Борьба с лесными пожарами. Среди мер по охране лесов важное значение имеет борьба с пожарами. Пожар полностью или частично уничтожает лесной биоценоз. На лесных гарях развивается иной тип

Рис. 129.
Низовой лесной пожар

растительности, полностью меняется население животных. Пожары наносят большой урон, уничтожая растения, охотничье-промысловых животных, другую продукцию леса: грибы, ягоды, лекарственные растения. Основная причина пожаров — небрежное обращение человека с огнем: незатушенные костры, спички, окурки.

Большую опасность для возникновения пожаров представляют сельскохозяйственные палы, огневая очистка лесосек, пламя и искры из выхлопных труб тракторов и автомашин, труб тепловозов. До 97% лесных пожаров возникает по вине человека. Поэтому среди мер борьбы с пожарами важное место должна занимать противопожарная пропаганда среди населения. В лесах создают противопожарные лесосеки, полосы, рвы, прокладывают дороги противопожарного назначения, проводят чистку лесосек и санитарные рубки. В лесных районах существует дозорно-сторожевая служба для обнаружения очагов пожара. При ликвидации лесных пожаров используют авиационные бригады, иногда на борьбу с пожарами мобилизуют воинские части и все население.

Защита лесов от вредителей и болезней. Большой вред лесам наносят болезни и вредители. Массовые вспышки численности вредителей (например, сибирского шелкопряда) охватывают обширные территории. Болезни леса, вызванные паразитическими грибками, ржавчи-

ной, вирусами и паразитическими червями — нематодами, служат причиной порчи примерно 45% заготовленной древесины. Это превышает потери древесины по всем другим причинам. Экономический ущерб, приносимый лесу болезнями и вредителями, часто превышает урон от лесных пожаров. В годы с благоприятными для размножения вредителей условиями резко увеличиваются масштабы наносимого ими ущерба. Чтобы не допустить распространения вредителей, важно своевременно выявить очаги их размножения и провести борьбу всеми известными методами с учетом биологических особенностей вида.

Перспективны *биологические меры борьбы с вредителями лесов.* Для этого используют хищных и паразитических насекомых, хищных клещей и нематод, болезнетворные организмы, птиц, земноводных, пресмыкающихся, зверей. Успешное применение биологических методов борьбы с вредителями леса требует хорошего знания экологических особенностей растений и животных, их меж- и внутривидовых отношений.

Широкое распространение получило использование бактерий. В качестве бактериальных препаратов у нас в стране используют энтобактерин и дендробациллин. Первый создан на основе бактерий, выделенных из гусениц пчелиной огневки. Он вызывает гибель многих насекомых — вредителей леса. Второй готовят из споровой культуры бактерий, полученных из гусениц сибирского шелкопряда. Он специально предназначен для борьбы с этим вредителем. Оба препарата применяют в виде сухого порошка.

Методы использования вирусов и грибов для борьбы с вредителями леса разработаны пока не достаточно. Для борьбы с вредителями лесных растений полезно привлечение насекомоядных птиц. Они могут регулировать численность насекомых, не допуская их массового размножения. Для привлечения птиц создают благоприятные для них условия: развешивают искусственные гнездовья, подкармливают.

Биологические методы борьбы с вредителями дешевы, безвредны, эффективны, действуют длительное время. Их следует сочетать с другими методами, чтобы вместе они представляли единую систему защиты лесов.

Охрана хозяйственно ценных и редких видов растений. Охрана хозяйственно ценных и редких видов растений состоит в *рациональном, нормированном сборе,* исключающем их истощение. Под прямым и косвенным воздействием человека многие виды растений стали редкими, многим грозит исчезновение. Такие виды заносятся в Красные книги. В Красной книге Российской Федерации (1983 г.) содержится 533 вида (рис. 130). Среди них можно назвать такие: водяной орех, лотос, дуб зубчатый, самшит колхидский, сосна пицундская, аралия материковая, тисс ягодный, падуб, женьшень, заманиха. Все они нуждаются в строгой охране, их запрещено собирать, наносить любой другой ущерб (вытапты-

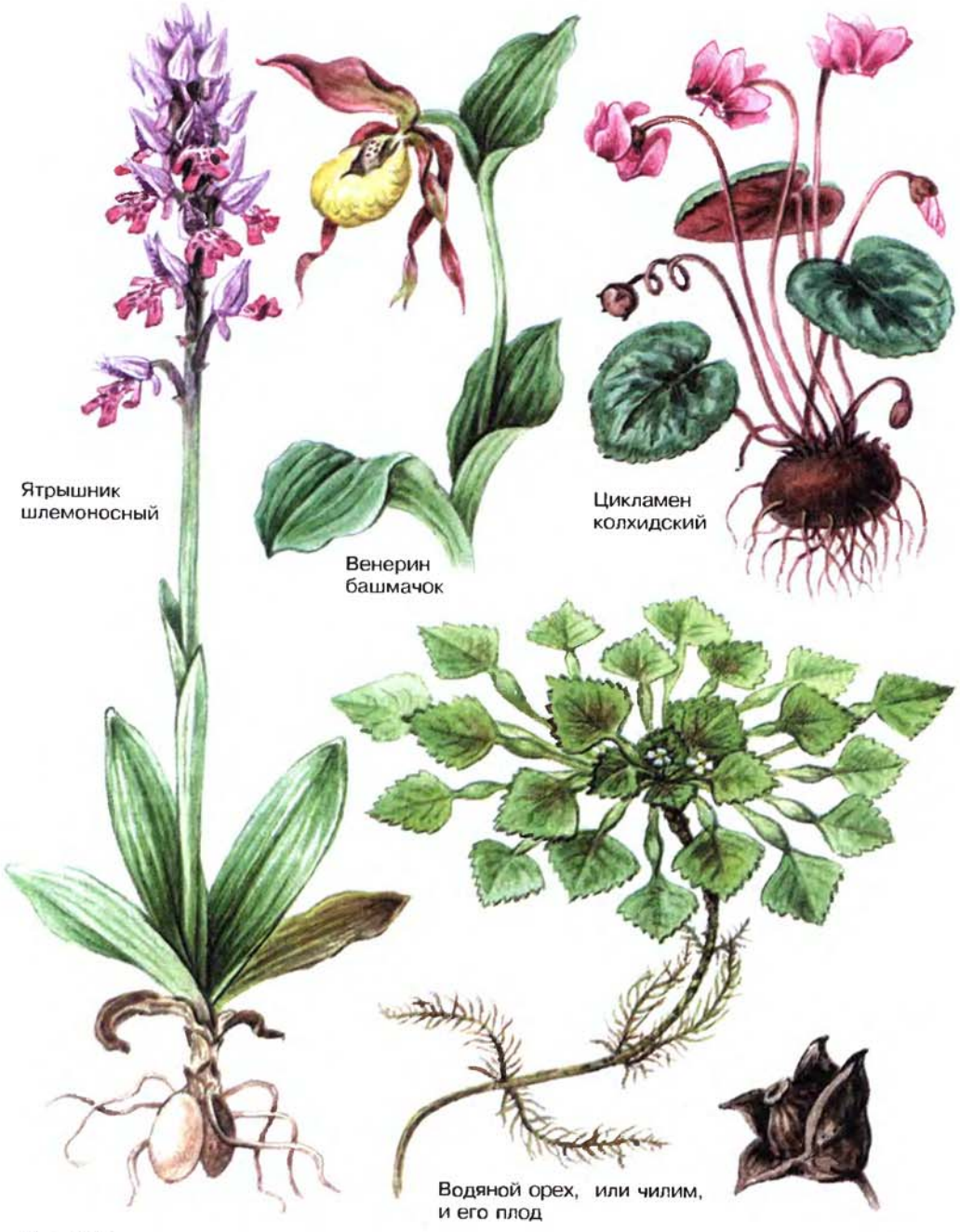


Рис. 130.
Редкие виды растений

вать, выпасать скот и др.). Наиболее действенна охрана редких видов растений в заповедниках и заказниках. Так, лотос охраняется в Астраханском заповеднике, Южно-Ханкайском заказнике и на о. Путятина.

Редкие виды растений разводят в ботанических садах и других научных учреждениях. Здесь растения, сохраняемые длительное время, служат резервом для восстановления их в природе.

Занесение вида в Красную книгу — это сигнал об опасности, угрожающей его существованию. Красная книга — важнейший документ, содержащий описание современного состояния редких видов, причин их бедственного положения и основные меры по спасению.

- **Вырубка лесов. Лесовозобновление. Правильное ведение лесного хозяйства. Биологические методы борьбы с вредителями лесов. Красная книга.**

- **Растительность, включая леса, — возобновимые природные ресурсы. Их рациональное использование основано на экологических законах сохранения, восстановления и изменения растительных сообществ.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Растения дают человеку белки, жиры, углеводы, минеральные соли, витамины. Почти все витамины, необходимые человеку, он получает из зеленых растений готовыми. Человек, как и другие животные, не может синтезировать их в своем организме. Исключение составляют витамины группы A и D, которые синтезируются в теле человека, но для их образования нужны так называемые провитамины, имеющие растительное происхождение.

2. Древесные насаждения очищают воздух городов и поселков от пыли, вредных газов, копоти, защищают жителей от шума. Многие хвойные деревья выделяют особые вещества — фитонциды, убивающие болезнетворные микроорганизмы. Один гектар еловых насаждений может задерживать в кронах до 32 т пыли в год, сосновых — до 35, вяза — до 43, дуба — до 54 т. Содержание пыли в воздухе на озелененной улице в 3 раза меньше, чем на улице без деревьев. Наиболее эффективны буковые посадки, каждый гектар которых задерживает до 68 т пыли в год.

3. Акация белая за вегетационный период может поглотить 69 г сернистого газа (в пересчете на 1 кг сухих листьев), вяз обыкновенный — 39, лох узколистный — 87, тополь черный — 157 г. Угарный газ активно усваивается кленом, ольхой, осиной, елью.

4. Из огромного числа видов растений для своих нужд человек использует лишь небольшую часть: только 2,5 тыс. из 500 тыс. видов высших растений. Из мирового фонда высших растений в лекарственных целях применяют 2,5 тыс. видов. Их заготавливают около 20 тыс. т в год. В промышленности используют дубильные, эфиромасличные, красильные и другие полезные растения. Многие виды используют в качестве декоративных насаждений, медоносов. Следует учитывать побочную полезную продукцию лесов: грибы, ягоды, орехи.

5. Тревогу всего мира вызывает интенсивная рубка вечнозеленых тропических лесов. Двадцать лет назад тропические леса исчезали со скоростью 21 га в минуту, сейчас этот процесс ускорился до 26 га в минуту.

6. Лесистость местности в 5—6% обеспечивает защиту полей от суховеев и эрозии, 8—10% позволяет получить деловую древесину, 10—15% — деловую и строительную, 15—25% создает условия для развития местной деревообрабатывающей промышленности, а при более высокой лесистости допустим вывоз древесины за пределы территории. Во многих районах лесохозяйственная деятельность проводится с нарушением указанных норм.

❑ **Вопросы. 1.** Каковы роль и место растений в круговороте веществ в природе? **2.** Чем опасны лесные пожары и каковы меры борьбы с ними? **3.** Что вы знаете о вреде, приносимом лесу насекомыми, и каковы меры борьбы с ними? **4.** Почему охрана растительности — есть одновременно и борьба с ускоренной эрозией почв? **5.** Почему нерациональна запретительная охрана растительных ресурсов и почему их следует охранять в процессе использования? **6.** Почему нужно сохранять редкие и исчезающие виды растений и как это делается?

❑ **Задание.** На основании карт растительности установите соотношение основных типов лесов в вашем районе, соотношение естественной растительности с площадью сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов, добывающих производств. Выскажите мнение о перспективах дальнейшего хозяйственного развития района и сохранения естественной растительности.

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Обсудите, что произойдет, если человек полностью вырубит все леса на Земле, заменив их полями и пастбищами. В чем причины сокращения лесов в России? **2.** Вспомните и обсудите историю использования лесов вашего района. В процессе дискуссии установите, правильно ли их

используют. **3.** Можно ли сохранить леса, не уменьшая получения древесины? **4.** Есть ли в той местности, где вы живете, редкие ценные растения? Назовите их. В чем их ценность? Обсудите, как их охраняют и какие меры следует принять для их сохранения. **5.** Обсудите, почему рациональное использование спелых лесов способствует их сохранению и устойчивому развитию.

ВСПОМНИТЕ

Роль животных в биосфере

Районы наибольшего разнообразия животных

Значение животных для человека

§ 40. Рациональное использование и охрана животных

Значение животных в природе и хозяйственной деятельности человека. Участвуя в круговороте веществ в биосфере, влияя на состояние ее компонентов, животные играют важную роль в поддержании в ней динамического равновесия.

Для человека животные служат источником белкового питания и жира, поставщиком сырья для кожевенной и пушно-меховой промышленности.

Животные имеют и отрицательное значение для человека. Среди них есть возбудители и переносчики болезней домашних животных и человека, вредители сельскохозяйственных и лесных растений. Деление животных на полезных и вредных условно и зависит от их численности, характера и интенсивности хозяйственной деятельности людей. В зависимости от места, времени, численности один и тот же вид может быть полезным и вредным для человека. Например, скворцы весной полезны: они уничтожают большое количество насекомых — вредителей садов, полей и огородов, а осенью, питаясь плодами винограда, приносят виноградникам значительный ущерб. Черный дрозд и полевой жаворонок полезны в Европе, а в Новой Зеландии, куда их перевезли, стали вредителями сельского хозяйства. Поэтому при оценке пользы и вреда каждого вида животных необходимо учитывать особенности питания, поведения, численность, роль в распространении природно-очаговых заболеваний в конкретных условиях места и времени.

Потеря любого биологического вида (возможно, кроме паразитов человека) крайне нежелательна для биосферы, так как он участвует в круговороте веществ, поддерживает динамическое равновесие в природных экосистемах. Каждый вид уникален и обладает только ему присущими особенностями.

Прямое и косвенное воздействие человека на животных. Вымирание одних и появление других видов животных неизбежно и закономер-

но. Это происходит в ходе естественной эволюции, при изменении климатических условий, ландшафтов, в результате конкурентных взаимоотношений. Процесс этот медленный. До появления человека на Земле средняя продолжительность жизни вида у птиц была около 2 млн лет, млекопитающих — около 600 тыс. лет. Человек ускорил гибель многих видов.

С 1600 г., когда исчезновение видов начали подтверждать документально, на Земле вымерло 94 вида птиц и 63 вида млекопитающих. Гибель большинства их связана с деятельностью человека (рис. 131).

Человек своей деятельностью сильно влияет на животный мир, вызывая увеличение численности одних видов, сокращение других и гибель третьих. Это воздействие может быть прямым и косвенным.

Прямое воздействие (преследование, истребление, переселение, разведение) испытывают промысловые животные, которых добывают ради меха, мяса, жира и т. п. В результате численность их снижается, отдельные виды исчезают.

Для борьбы с сельскохозяйственными вредителями ряд видов переселяют из одних областей в другие. При этом нередки случаи, когда переселенцы сами становятся вредителями. Например, мангуст, завезенный

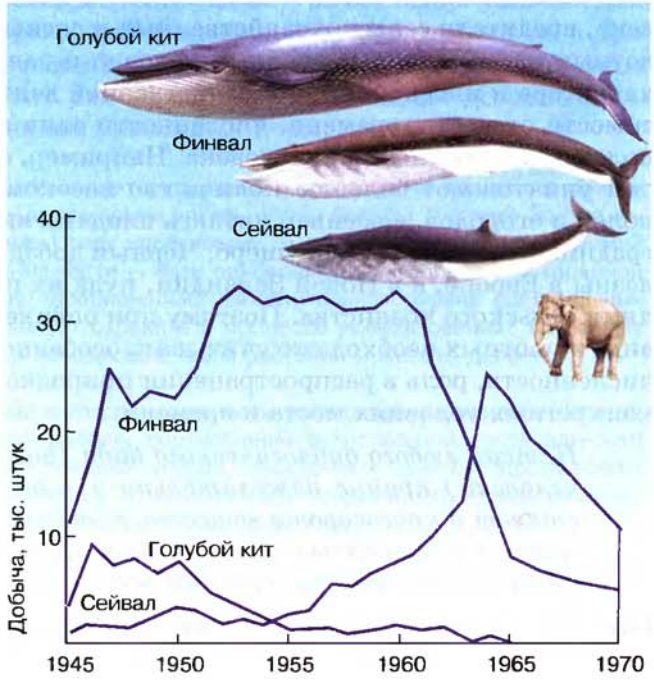


Рис. 131. Сокращение численности китов

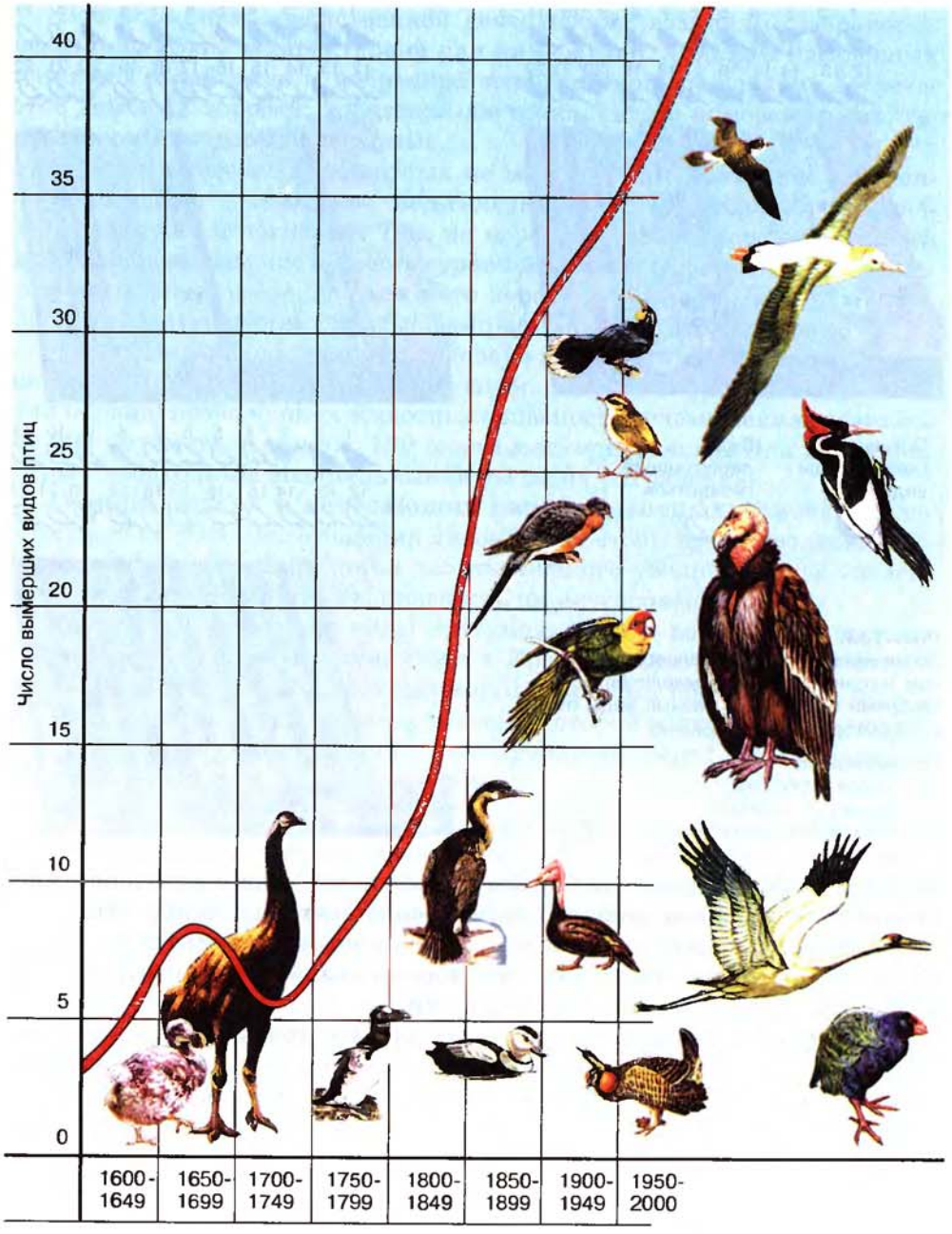


Рис. 132.
Увеличение числа вымерших видов птиц за каждое пятидесятилетие (с 1600 до 2000 г.)

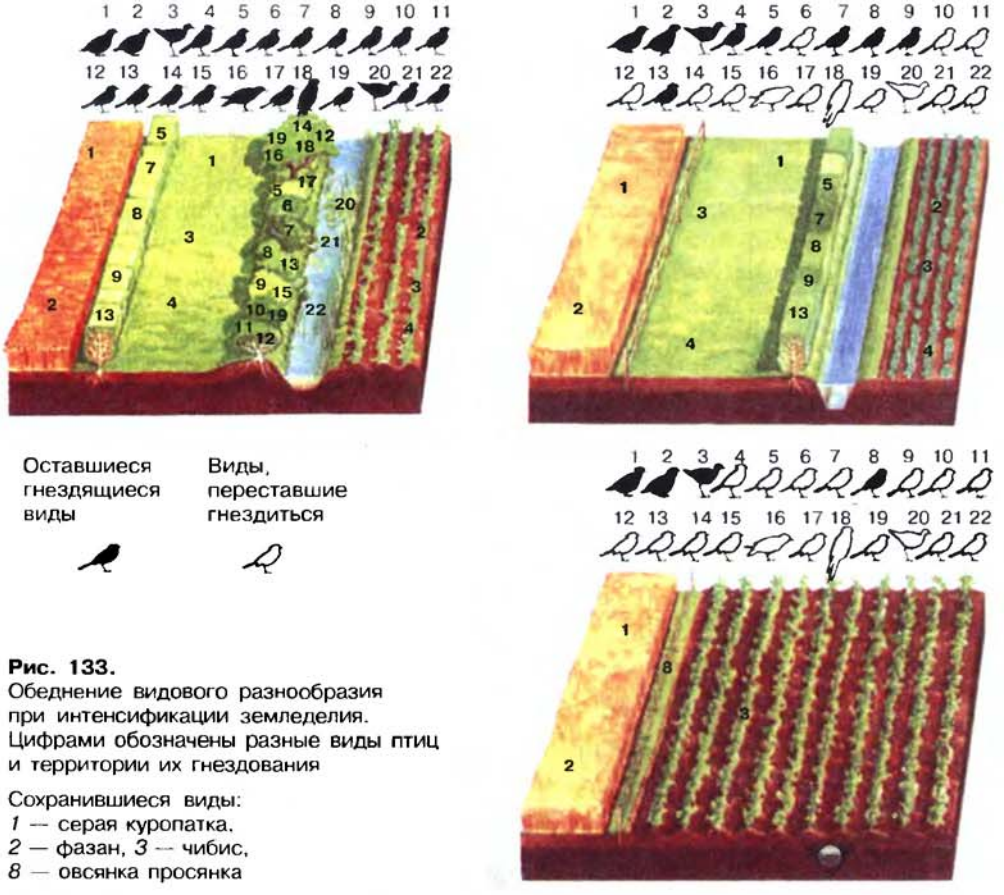


Рис. 133.
Обеднение видового разнообразия при интенсификации земледелия. Цифрами обозначены разные виды птиц и территории их гнездования

Сохранившиеся виды:
1 — серая куропатка,
2 — фазан, *3* — чибис,
8 — овсянка просянка

на Антильские острова для борьбы с грызунами, стал вредить наземногнездящимся птицам, распространять бешенство среди животных.

К прямым воздействиям человека на животных относится их гибель от ядохимикатов, применяемых в сельском хозяйстве, и от отравления выбросами промышленных предприятий.

Косвенное влияние человека на животных проявляется из-за изменения среды обитания при вырубке лесов, распашке степей, осушении болот, сооружении плотин, строительстве городов, поселков, дорог и т. д.

Некоторые виды в измененной человеком среде находят благоприятные для себя условия и расширяют ареалы. Так, домовый и полевой воробьи вслед за продвижением земледелия на север и восток в Палеарктике достигли тундры и побережья Тихого океана. Вслед за появлением полей и лугов далеко на север продвинулись жаворонок, чибис, скворец, грач.

Под влиянием хозяйственной деятельности возникли *антропогенные ландшафты* с характерной для них фауной. Только в населенных пунктах в субарктике и умеренной зоне северного полушария встречаются домовый воробей, городская ласточка, галка, домовая мышь, серая крыса, некоторые насекомые.

Большинство видов животных не могут приспособиться к измененным условиям, вынуждены переселяться в новые районы, сокращают численность и погибают. Так, по мере распашки европейских степей сильно сократилась численность сурков-байбаков. Вместе с сурком исчезла утка пеганка, гнездившаяся в его норах. Исчезли во многих районах своего распространения степные птицы — дрофа и стрепет (рис. 134).

Отрицательное воздействие человека на животных возрастает, а для многих видов становится угрожающим. Ежегодно погибает один вид (или подвид) позвоночных животных; опасность исчезновения грозит более 600 видам птиц и около 120 видам млекопитающих. Для таких животных необходимы специальные меры по их сохранению.

Охрана редких и исчезающих видов животных. Основная задача охраны редких и исчезающих видов в том, чтобы путем создания благоприятных условий обитания добиться такого увеличения их численности, которое устранило бы опасность их исчезновения.

Редкие и исчезающие виды животных (как и растений) заносятся в Красные книги. Включение вида в Красную книгу — сигнал о грозящей ему опасности, о необходимости принятия срочных мер по его спасению. Каждая страна, на территории которой обитает вид, включенный в Красную книгу, несет ответственность перед своим народом и всем человечеством за его сохранение.

В нашей стране для сохранения редких и исчезающих видов организуют заповедники, заказники, животных расселяют в районы их былого распространения, подкармливают, создают укрытия и искусственные гнездовья, охраняют от хищников и болезней. При очень низкой численности животных разводят в неволе (питомниках и зоопарках), а затем выпускают в подходящие для них условия.

Охрана и восстановление численности промысловых животных. Особо важное значение имеет сохранение и восстановление численности промысловых животных. Как известно, ценность промысловых животных состоит в том, что они живут за счет естественных кормов, недоступных или непригодных для домашних животных, о них не нужно специально заботиться. От промысловых животных человек получает мясо, меха, кожу, сырье для парфюмерной промышленности и лекарственных препаратов. Для некоторых народов Севера охота на диких животных является основой их существования.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

Рис. 134.
Редкие виды животных, включенные в Красную книгу РФ и МСОП:

1 — амурский тигр,
2 — среднеазиатская кобра,
3 — змееяд,
4 — дрофа,
5 — горный гусь,
6 — краснозобая казарка,
7 — балобан,
8 — мандаринка,
9 — белощекая казарка,
10 — камышовая жаба,
11 — кавказская саламандра

Среди промысловых животных наибольшее значение имеют рыбы, птицы и звери. Многовековое, постоянно усиливающееся добывание, а также изменение среды их обитания привели в первой половине текущего столетия к резкому сокращению их запасов. Из млекопитающих наиболее сократились запасы копытных, пушных и морских зверей. Возникло даже мнение, что сохраниться они смогут только в заповедниках. Однако успешное восстановление численности некоторых видов — лося, бобра, соболя — позволило вновь включить их в число промысловых животных.

Среди охотничье-промысловых птиц особенно сильно пострадали по вине человека водоплавающие, куриные и дрофиные. Сильно сократилась численность гусей, лебедей, казарок. Краснозобая казарка, малый лебедь, белый и горный гуси, кавказский тетерев, дрофа и многие другие виды включены в Красную книгу Российской Федерации (рис. 134).

> ***Система охраны*** *диких животных складывается, с одной стороны, из мер по охране самих животных от прямого истребления, гибели от стихийных бедствий, а с другой — из мер по сохранению их среды обитания. Охрана самих животных осуществляется законами об охоте. Они предусматривают полный запрет охоты на редкие виды и ограничение сроков, норм, мест и способов добычи на другие промысловые виды.*

Рациональное использование запасов промысловых животных не противоречит их охране, если основано на знаниях их биологии.

> *Известно, что в популяциях животных существует определенный резерв неразмножающихся особей, они способны повысить плодовитость при низкой численности и обилии корма. Можно добиваться благополучия популяций промысловых животных, поддерживая определенное соотношение половых и возрастных групп, регулируя численность хищных животных.*

Охрана охотничьих угодий основана на знании условий обитания, необходимых для жизни промысловых видов, наличии укрытий, подходящих мест для устройства гнезд, обилии корма. Часто оптимальными местами для существования видов служат заповедники и заказники.

Реакклиматизация вида — это его искусственное расселение в районах былого распространения. Она часто бывает успешной, так как при этом вид занимает свою прежнюю экологическую нишу. *Акклиматизация* новых видов требует большой предварительной подготовки, в том числе составления прогнозов их влияния на местную фауну и возможную роль в биоценозах. Опыт акклиматизации свидетельствует о многих неудачах. Завоз в Австралию в 1859 г. 24 кроликов, которые через десятки лет дали многомиллионное потомство, привел к националь-

ному бедствию. Размножившиеся кролики стали конкурировать за пищу с местными животными. Поселяясь на пастбищах и уничтожая растительность, они принесли огромный ущерб овцеводству. Борьба с кроликами потребовала огромных усилий и длительного времени. Таких примеров немало. Поэтому переселению каждого вида должно предшествовать тщательное изучение возможных последствий внедрения вида на новую территорию на основе *экологической экспертизы и прогноза.*

Своевременно принятые меры позволяют успешно поддерживать необходимую численность промысловых животных, длительное время использовать их.

- **Прямое и косвенное воздействие человека на животных. Антропогенные ландшафты. Редкие и исчезающие виды. Акклиматизация и реакклиматизация. Заповедники и заказники. Экологическая экспертиза и прогноз.**

- **Животных, как возобновимый природный ресурс, человек может использовать, соблюдая экологические законы: охотиться на промысловых животных при высокой численности, восстанавливая и сохраняя редкие и исчезающие виды, регулируя численность вредителей сельского хозяйства и леса.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Впервые Красная книга была издана в 1966 г. Международным союзом охраны природы. Она включала 292 вида и подвида млекопитающих, 287 видов и подвидов птиц, 36 видов земноводных и 119 видов пресмыкающихся, из них 16 видов зверей и 8 видов птиц встречались на территории нашей страны (в границах Советского Союза). В Красную книгу Российской Федерации (1983 г.) вошло видов и подвидов: млекопитающих — 65, птиц — 108, рептилий — 11, амфибий — 4, рыб — 10, моллюсков — 15, насекомых — 34.
2. Северный калан, морской зверь средних размеров, прежде обитал у рифов и скал Командорских островов и северо-восточного побе-

режья Камчатки. Предполагают, что первоначальная численность калана была около 150 тыс. особей. С XVIII в. на зверей начали интенсивно охотиться ради густого, упругого и теплого меха. К концу XIX в. он был почти истреблен, в 1924 г. оставалось только 350 особей. Промысел калана на Командорских островах был запрещен в 1912 г., а с 1926 г. — во всех местах обитания. В 1980 г. численность калана в нашей стране достигла 2,5—3 тыс. особей, за ее пределами — около 25 тыс.

3. Примером эффективности мер по сохранению редкого вида, находящегося на грани исчезновения, может служить история зубра. В прошлом зубр был распространен в лесах Европы, на востоке до бассейна реки Дон и на Кавказе. К началу нашего столетия в естественном состоянии зубры сохранились только в Беловежской пуще (727 голов) и на Кавказе (9600 голов). Последний вольный зубр в Беловежской пуще был убит в 1919 г., на Кавказе — в 1927 г. Оставалось только 48 зубров, живущих в зоопарках и на акклиматизационных станциях. Зверь был на грани исчезновения, началась работа по восстановлению его численности. Наиболее активно она проводилась в Польше и трех заповедниках СНГ — Беловежской пуще (Белоруссия), Приокско-Террасном и Кавказском (Россия). К 1975 г. в Польше насчитывалось 320, в России и Белоруссии — 155 чистокровных беловежских зубров; более 500 зубробизонов было на Кавказе. Успешная работа по разведению зубра в неволе позволила в 1961 г. перейти к созданию вольных стад. К началу 1980-х гг. численность зубров в России и Белоруссии достигла 830, в мире — более 2000 особей. Численность зубров продолжает увеличиваться.

4. Китобойный промысел возник очень давно, в Древнем Китае. В XII в. н. э. он имел уже большое значение. С совершенствованием техники промысел расширялся, охватывая обширные акватории Мирового океана. Появились специальные китобойные флотилии с плавучими перерабатывающими заводами, способными в местах промысла разделывать и перерабатывать до 50 крупных китов в сутки. Добыча китов постоянно возрастала: в 1920 г. в мире было добыто 11 369, а в 1964—1965 гг. — 64 800 голов, из них более половины в водах Антарктики. Столь интенсивный промысел пагубно сказался на естественных запасах китов: их добывали значительно больше, чем позволяли естественные темпы размножения и восстановления численности. В Атлантике был уничтожен бискайский кит, на грани гибели находится гренландский кит. В связи с истощением запасов в середине текущего столетия был запрещен промысел серого, южного гладкого и горбатого ки-

тов, основной промысел переключился на синего кита, финвала и кашалота. В 1965 г. из-за малой численности была запрещена добыча самых крупных, синих китов, в настоящее время в Красную книгу включены синий кит, финвал и сейвал. Обсуждается вопрос о полном прекращении китобойного промысла.

5. Причиной вымирания тура, предка европейского крупного рогатого скота, было косвенное воздействие человека. Тур был распространен в Европе, Западной Сибири, Средней, Малой и Центральной Азии, Северной Африке. Охота и вырубка лесов постепенно вытесняла тура из мест обитания. В Африке он исчез к 2400 г. до н. э., в Месопотамии — к 600 г. до н. э., в Центральной и Западной Европе — к 1400 г. н. э. К XV в. он сохранился в Польше, Литве, России, в XVI в. и здесь стал редок: небольшие стада содержались в загонах и зверинцах, в бассейнах рек Вислы, Буга, Нарова. В лесостепных и степных районах Западной Сибири тур встречался до XVIII в. Наиболее близки к туру по внешнему облику испанские боевые быки. Около 60 лет назад двое немецких зоологов, братья Л. и Х. Хек, путем восстановительного скрещивания получили животных, внешне очень похожих на тура. Однако «восстановленный» тур представляет собой лишь одну из пород домашнего скота. Как биологический вид дикий европейский тур навсегда исчез из природы.

❑ **Вопросы.** **1.** В чем вы видите свое посильное участие в охране животных? **2.** Объясните, почему в последнее время вокруг городов и поселков так мало шмелей. Какими мерами можно увеличить их численность? **3.** Как можно привлечь насекомоядных и хищных птиц в городские парки и скверы? Нужно ли это делать и зачем? Есть ли какие-либо ограничения в привлечении птиц? **4.** Назовите редких животных вашего района. Какие меры по их охране вам известны?

❑ **Задания.** **1.** Выясните, каких рыб ловят в реках и озерах вашего района. Как можно дольше сохранить здесь возможность рыбной ловли? **2.** Какие меры охраны применяют при промысле рыб?

❑ **Темы для дискуссий.** **1.** Обсудите причины высокой численности немногих видов животных в городах и поселках. Наметьте меры по обогащению фауны населенных пунктов. Какие виды животных для этого подходят? **2.** К чему приводит необоснованная и случайная акклиматизация новых видов? Приведите примеры, которые вам известны из курсов ботаники и зоологии. **3.** Почему наиболее совершенной является охрана всего природного комплекса, а не отдельных видов? **4.** На конкретных примерах докажите, что использование знаний по биологии животных способствует рациональному использованию и сохранению охотничье-промысловых видов.

ВСПОМНИТЕ

Локальные экологические катастрофы последнего времени

Какие наблюдения за состоянием окружающей среды проводятся на метеостанциях

§ 41. От экологических кризисов и катастроф к устойчивому развитию

Экологический кризис — это нарушение естественных природных процессов в биосфере, в результате которого происходят быстрые изменения окружающей среды. Возникает напряжение во взаимоотношениях между человечеством и природой, связанное с несоответствием объема потребления природных компонентов человеческим обществом и ограниченными ресурсно-экологическими возможностями биосферы. При этом важно обратить внимание на различия в масштабах между глобальным, общим для биосферы экологическим кризисом и локальными или региональными экологическими нарушениями и *локальными экологическими катастрофами.*

Учащение локальных экологических катастроф свидетельствует о приближении глобального экологического кризиса и возможности *глобальной экологической катастрофы.* Однако экологические кризисы могут иметь и имели в истории человечества благополучное разрешение. Так, первый глобальный экологический кризис был еще во времена собирательства и примитивной охоты на мелких животных. Возник он из-за истощения запасов съедобных растений и истребления небольших животных. Этот экологический кризис удалось преодолеть переходом к коллективной охоте на крупных зверей с применением более совершенных для того времени орудий: лука, копья, гарпуна; разделением труда между участниками охоты. Следующий экологический кризис возник, как полагают, в конце ледникового периода, когда стали исчезать крупные животные — объекты охоты: шерстистый носорог, пещерный медведь, большерогий олень, мамонт и др. Этот кризис связывают с перепромыслом крупных зверей и с тем, что возросшую численность населения уже не могла обеспечить естественная кормовая база. Выйти из этого экологического кризиса позволил переход от присваивающего к производящему хозяйству. Разведение одомашненных животных и получение урожая выращенных культурных растений обеспечивали продуктами питания растущее население. Успешное развитие животноводства и земледелия определили прогресс человечества на несколько тысячелетий.

Нарастание современного экологического кризиса во взаимоотношениях природы и общества связывают с научно-технической революцией. При этом кризисные ситуации, возникающие из-за истощения при-

родных ресурсов, успешно разрешаются совершенствованием технологий добычи, транспортировки, переработки традиционных природных ресурсов, открытием и использованием новых, а также изготовлением синтетических материалов.

Более грозные свидетельства нарастания общего экологического кризиса во взаимоотношениях общества и природы связаны с *деградацией естественных природных экосистем*, вызванной чрезмерной антропогенной нагрузкой на них, ростом народонаселения и загрязнением окружающей среды.

В последние десятилетия стали частыми локальные и региональные экологические катастрофы, вызванные радиоактивным загрязнением среды. Прошло уже более 50 лет со времени атомной бомбардировки японских городов Хиросимы и Нагасаки, но списки людей, умерших от лучевой болезни, продолжают ежегодно пополняться. Стали широко известны трагические последствия взрывов склада радиоактивных отходов на предприятии «Маяк» в Челябинской области в 1957 г. (см. с. 235, п. 4) и аварии на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС в 1986 г. (см. с. 236, п. 5). Они привели к загрязнению радиоактивными веществами огромных территорий, последствия которых до сих пор сказываются на растениях, животных и здоровье людей. Большой урон экологическим системам Земли нанесли испытания ядерного оружия. Только на полигонах Новой Земли к 1992 г. было произведено 118 поверхностных и подземных ядерных взрывов. Последствия их для бедных арктических экосистем до сих пор специально не исследовались. Серьезную опасность представляют радиоактивные отходы, захороненные в свое время в океанических глубинах. Коррозия контейнеров, в которых хранятся эти отходы, приведет к мощному радиоактивному загрязнению экосистем океана. Столь же опасны затонувшие в море суда с атомными двигателями.

Экологические катастрофы разного масштаба возникают в результате химического загрязнения окружающей среды. Так, последствием загрязнения атмосферы фреонами стало разрушение защитного озонового экрана (см. с. 231). Загрязнение атмосферы оксидами серы и азота приводит к появлению кислотных дождей, вызывающих изменение pH воды и почвы, деградацию пресноводных и наземных экосистем в местах их выпадения. Во все медицинские и экологические справочники вошли сведения о болезни Минамата, которая возникает у людей и животных в результате загрязнения среды солями ртути. Аккумулируясь в теле животных, многократно повышая концентрацию на вершинах трофических пирамид, ртутные соединения у теплокровных животных и человека вызывают тяжелые поражения центральной нервной системы.

Как правило, люди предпринимают меры, чтобы сократить масштабы локальных и региональных экологических катастроф, предотвратить их развитие. Для выявления *зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия* в России применяются определенные критерии. Эти критерии были утверждены Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ в 1992 г. На их основе проводят регулярные наблюдения и контроль за состоянием окружающей среды, чтобы определить изменения, вызванные антропогенным воздействием. Такие регулярные контрольные наблюдения называют мониторингом. Различают *экологический мониторинг* 1) природных сред: воздушной, поверхностных вод и водных экосистем, геологической среды и наземных экосистем; 2) природных ресурсов.

Целями мониторинга состояния природных сред являются следующие:

— оценка современного состояния;

— определение масштабов изменений природных условий в результате хозяйственной деятельности;

— исследования тенденций многолетних изменений экологического состояния территорий.

Мониторинг природных ресурсов включает наблюдение и контроль за состоянием атмосферного воздуха, водных, земных, минерально-сырьевых и биологических ресурсов.

Для полноты и точности сведений об окружающей среде и природных ресурсах необходим их мониторинг на разных уровнях: локальном, региональном, государственном и глобальном.

Идея создания всемирной системы слежения за состоянием и изменениями биосферы является центральной в Программе ЮНЕП при ООН по окружающей среде. В 1973 г. ею были предложены основные принципы системы наблюдений, в которых должны учитываться:

1) возрастающая вероятность быстрых изменений окружающей среды в условиях интенсификации социально-экономического развития;

2) наличие взаимосвязи изменения окружающей среды и социально-экономического развития, а также выделение параметров экологических изменений, которые наиболее чувствительны к внешним воздействиям;

3) ряды данных по экологическим изменениям в прошлом.

В мониторинге принципиальное значение имеет выбор индикаторов (предметов или явлений, перемена состояния которых указывает на характер изменения свойств окружающей среды) экологических изменений и определение их приоритетов. К числу приоритетных индикаторов относятся следующие:

— энергопотребление: его эффективность, роль различных видов энергии, влияние на окружающую среду и др.;

— водные ресурсы, их типы, распределение по пользователям, потребление на единицу валового национального продукта и т. д.;

— возобновляемые природные ресурсы: производство продукции на единицу ресурсов, динамика лесов и сельскохозяйственных земель и пр.;

— уровень загрязнения окружающей среды;

— характеристики использования земель.

Основу для изучения масштабов и темпов антропогенных изменений на суше и в Мировом океане составляют сведения, полученные с помощью дистанционных спутниковых методов. Важно комбинированное использование результатов спутниковых и наземных наблюдений.

В России создана сеть станций по наблюдениям за состоянием окружающей среды. Так, в системе Росгидромета наблюдения за качеством атмосферного воздуха проводят 710 станций, в том числе в 260 городах. Контрольно-наблюдательная сеть других ведомств включает еще 50 станций. В составе Государственной службы наблюдений за состоянием атмосферного воздуха действуют также специализированные подсистемы мониторинга, в частности станции в биосферных заповедниках. На территории РФ развернута система Государственного мониторинга геологической среды, которая включает блок «Подземные воды», имеющий 15 тыс. наблюдательных пунктов, размещенных во всех регионах страны. Государственный мониторинг водных объектов проводится на 4 тыс. пунктах на разных водоемах: морях, реках, озерах, водохранилищах. В соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей среды» (2002 г.) мониторингом руководит Государственная служба наблюдений за состоянием окружающей природной среды Госгидромета.

Понимание нарастающих кризисных ситуаций во взаимоотношениях общества и природы и возможность глобальной экологической катастрофы потребовали создания долгосрочных прогнозов развития биосферы и судьбы человечества. Были созданы несколько компьютерных моделей такого сопряженного развития. Авторы наиболее оптимистичных прогнозов утверждают, что благодаря новым технологиям, нововведениям, появившимся в последние 20 лет, возникли реальные возможности для снижения объема потребления ресурсов и уменьшения потоков загрязнения, циркулирующих в экономической системе, при одновременном повышении качества жизни людей. При этом считается, что Земля может обеспечить населению в 7,7 млрд человек комфортные условия жизни при высокой ее продолжительности и снижение уровня загрязнения окружающей среды. Вселяют оптимизм согласованные действия разных стран по созыву и проведению Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в Рио-де-Жанейро (Бразилия) в 1992 г. Конвенция о сохранении биологического разнообразия, подписанная в Рио-де-Жанейро, была ратифицирована Россией в 1995 г. Провозглашая общей задачей человечества

сохранение *биологического разнообразия* (животных, растений, экологических систем) и устойчивое использование всех биологических ресурсов в интересах нынешнего и будущих поколений людей, конвенция рекомендует государствам-участ- никам разрабатывать национальные стратегии и принимать необходимые законодательные акты, формировать системы охраняемых территорий, содействовать сохранению экосистем и жизнеспособных популяций, принимать меры по восстановлению редких видов, поощрять эколого-природоохранное просвещение и научные исследования биоразнообразия. Особо отмечается обязательность проведения экологических экспертиз экономических проектов с участием природоохранной общественности.

В конце XX столетия мировая цивилизация вступила в такой этап своего развития, когда на первое место выдвинулись проблемы выживания и самосохранения человечества, сохранения благоприятной для жизни окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Современный этап развития человечества обнажил проблемы, связанные с ростом населения Земли, противоречия между традиционным хозяйствованием и нарастающим темпом исполнения природных ресурсов (в том числе исчерпаемых), загрязнением биосферы промышленными отходами и ограниченными ее возможностями к их нейтрализации. Острые социальные проблемы последнего времени несколько отодвинули на второй план обеспокоенность наших соотечественников нарастающим ухудшением состояния окружающей среды, что было отмечено на 2-м Всероссийском съезде по охране природы, проходившем 3—5 июня 1999 г. в Саратове. В обращении участников этого съезда к россиянам говорится следующее:

«Мы призываем каждого:

— содействовать пресечению нарушений природоохранных норм и правил;

— бережно относиться к природе, воспитывая такое же отношение у детей и близких;

— знать, использовать и защищать свои права на здоровую окружающую среду».

❑ **Экологический кризис. Локальные и региональные экологические катастрофы. Зоны чрезвычайной**

❑ **Только совместными усилиями сторон стран мирового сообщества (ООН) можно предотвратить нарастание общего экологического кризиса и добиться устойчивого развития природы и общества.**

экологической ситуации. Экологическое бедствие. Деградация естественных природных экосистем. Мониторинг природных сред и природных ресурсов. Биологическое разнообразие.

■ Примеры и дополнительная информация

1. Примером локальной экологической катастрофы может служить современная ситуация на о. Гаити, где многие десятилетия население использовало подсечную систему земледелия. В результате ее сейчас только на 2% территории Гаити сохранились леса, а бывшие сельскохозяйственные земли истощены и бесплодны. Бурые кольца грязи окружают остров: эродированная почва смывается в бирюзовые воды Карибского моря, оставляя за собой тропическую (латеритовую) пустыню. По оценкам ООН, в 1992 г. на острове площадью 77 тыс. км^2 жило более 14 млн человек. Ежегодная рождаемость в Доминиканской Республике — 5,6 млн человек, в Гаити — 4,6 млн человек, при этом около трети новорожденных умирает. При сохранении тех же темпов прироста населения его общая численность в двух островных государствах в 2025 г. достигнет 24 млн человек. В середине 1990-х годов около 60% трудоспособного населения Доминиканской Республики были безработными. Налицо кризисные взаимоотношения между растущим населением и природой острова, сопровождающиеся экологической катастрофой. Ее влияние распространяется на ближайшие к острову морские биоценозы и на соседние страны, куда мигрирует население от безработицы и нищеты.

2. Понятие «устойчивое развитие» вошло в употребление мирового сообщества в 1987 г. после публикации доклада Международной комиссии по окружающей среде и развитию, в котором было дано следующее определение. *Устойчивое развитие* — удовлетворение потребностей сегодняшнего поколения (людей) с тем расчетом, чтобы не лишать будущие поколения возможностей удовлетворять их бу-

дущие потребности. Сформулированная в докладе позиция была представлена как модель социально-экономического развития стран ООН. Она должна позволить странам отойти от нынешних, зачастую разрушительных процессов роста и развития и двинуться в направлении «устойчивого развития». Основными условиями такого устойчивого развития стран должны служить следующие:

— приоритетность качественных показателей (качества жизни) перед количественными (численностью, потреблением);

— сохранение биологического и культурного разнообразия;

— согласование природопользования с эволюционной периодичностью природных процессов.

Сформулированная в преамбуле Основного документа конференции в Рио-де-Женейро (1992 г.) концепция устойчивого развития была принята в качестве официальной позиции ООН. Важнейшим понятием этой концепции является изменение качества экономического роста. Рост этот должен быть менее материально- и энергоемким и более справедливым по распределению прибыли. Экономическое развитие неустойчиво, если оно увеличивает уязвимость экономики к кризисам. Устойчивое развитие требует учитывать человеческие потребности и благосостояние, включая такие неэкономические понятия, как образование и здоровье. Однако улучшение качества жизни людей ограничено возможностями природных экологических систем, поэтому устойчивость, в конечном счете, определяется численностью населения Земли и предельными возможностями биосферы к антропогенным воздействиям. Таким образом, устойчивое развитие человечества, мировой системы и отдельных стран — это оптимально регулируемое (международным сообществом) развитие цивилизации на основе современных научных достижений, скоординированное с устойчивой эволюцией биосферы.

3. Охрана природы осуществляется одновременно с рациональным природопользованием в следующих важнейших направлениях: сведения к минимуму вредных воздействий на природу со стороны хозяйственной деятельности и проведением мер, стимулирующих нормальное функционирование биосферы и составляющих ее экосистем. В Российской Федерации охрану, контроль и регулирование рационального использования природных ресурсов и окружающей среды осуществляют федеральные органы исполнительной власти: Правительство РФ, Министерство природных ресурсов, Государственный комитет по метеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральная служба лесного хозяйства, Государствен-

ный комитет санитарно-эпидемиологического надзора, отдельные департаменты Министерства сельского хозяйства, Министерство здравоохранения и др. Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды в 89 субъектах РФ осуществляют органы исполнительной власти и территориальные органы. Все эти организации относительно молоды, так как были созданы в последнее десятилетие. Для национальной политики в области охраны природы и рационального природопользования на современном этапе развития России характерно реформирование органов управления природопользования и охраны окружающей среды, внедрение в практику преимущественно экономических методов воздействия на деятельность предприятий, организаций и объединений. Необходимо использование методов, основанных на материальном возмещении нанесенного природе экологического ущерба. Деятельность органов исполнительной власти осуществляется на основе законов, постановлений и решений, имеющих законодательный характер.

4. Общегосударственные правовые установления в отношении рационального природопользования и охраны окружающей природной среды содержатся в Конституции Российской Федерации. Для успешного решения природоохранных проблем большое значение имеет действующий сейчас Закон РФ «Об охране окружающей среды», утвержденный 10 января 2002 г. В соответствии с этим Законом оценку состояния окружающей среды, в том числе и в чрезвычайных экологических ситуациях, необходимо проводить не только с позиций охраны здоровья населения, но и с учетом особенностей функционирования естественных экологических систем, генетических фондов растений и животных. Закон предусматривает организацию экологического контроля за состоянием окружающей природной среды. За уровнем загрязнения атмосферного воздуха, водоемов, почв, за возможными последствиями этих загрязнений для растений, животных и человека.

   Для рационального использования и охраны отдельных природных ресурсов созданы специальные законы. Вот некоторые из них.

   Земельный кодекс РФ (25 октября 2001 г., в нескольких редакциях) упрощает порядок изъятия земельных участков в пользование, собственность и аренду для лиц и организаций, участков и земель в лесах первой группы для государственных и общественных нужд. Земельное законодательство обеспечивает сохранение наиболее ценных природных объектов, особо охраняемых природных территорий.

Лесной кодекс (январь 1997 г.) устанавливает правовые основы рационального использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, повышения их экологического и ресурсного потенциала.

Важным правовым актом, регламентирующим рациональное использование, охрану и вопросы собственности водных ресурсов и объектов является Водный кодекс РФ (май 2006 г.), действие которого введено с 1 января 2007 г.

Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» (февраль 1995 г.) регулирует отношения в области их организации, охраны и использования таких территорий для сохранения уникальных и типичных природных комплексов и объектов, растений и животных, их генетического фонда, для изучения естественных процессов в биосфере и для контроля за изменением ее состояния, экологического воспитания населения.

Федеральный закон «О животном мире» (апрель 1995 г.) регулирует отношение в области охраны и использования животного мира, сохранения и восстановления среды обитания животных в целях обеспечения биологического разнообразия, устойчивого использования его компонентов, сохранения генетического фонда диких животных и иной защиты животного мира как неотъемлемого элемента природной среды.

Система законодательных актов направлена на рациональное использование и охрану природных ресурсов и окружающей природной среды.

5. Общественное движение за охрану природы активно формировалось на рубеже XIX и XX вв. С 1905 г. Московское общество испытателей природы (основано в 1805 г.) на заседаниях стало регулярно рассматривать вопросы охраны природы. При научных обществах стали формироваться природоохранные группы. В 1910 г. в Екатеринославской губернии, в селе Верхняя Хортица учителем гимназии П. Ф. Бузуком было создано первое в Российской империи Общество охранителей природы, а в Петербурге стало действовать Российское общество покровительства животным, при котором существовал союз «Ласточка», боровшийся с истреблением птиц. В 1912 г. при Русском географическом обществе была создана Постоянная природоохранная комиссия, целью которой было вызвать интерес у широких слоев населения и правительства к вопросам охраны памятников природы России.

В советское время по инициативе известных ученых и общественных деятелей (Ф. Н. Петрова, С. А. Бутурлина, Н. М. Кулагина, В. И. Та-

лиева и др.) в 1924 г. было создано Всероссийское общество охраны природы (ВООП). Развивалось оно как демократическая организация, широко охватывающая различные слои населения: рабочих и учащихся, тружеников села и интеллигенцию. В работе общества активное участие принимали видные ученые и общественные деятели. Свою полезную деятельность ВООП продолжает осуществлять и в настоящее время.

Положительную роль в охране отдельных природных объектов сыграли Зеленые и Голубые патрули школьников, студенческие дружины по охране природы.

До сих пор положительное значение имеют массовые мероприятия молодежи по привлечению насекомоядных птиц: изготовление искусственных гнездовий, подкормка птиц в осенне-зимний период, деятельность школьных лесничеств.

❑ **Вопросы. 1.** С чем связано учащение кризисных ситуаций во взаимоотношениях общества и природы? **2.** Как, по-вашему мнению, можно разрешить кризисные ситуации во взаимоотношениях общества и природы при использовании лесных ресурсов на локальном уровне? **3.** Для чего нужен мониторинг состояния окружающей среды? Как он осуществляется? **4.** Какие индикаторы изменений окружающей природой среды используются в мониторинге? Кто его организует и проводит? **5.** Почему действенные меры по сохранению окружающей природной среды невозможны без международного сотрудничества?

❑ **Задания. 1.** Познакомьтесь с публикациями в местных газетах и журналах (за последние 1—2 месяца) и установите наиболее яркие проявления нарушений природоохранного законодательства. **2.** Установите, как утилизируются твердые отходы в вашем поселке, городе, районе. Почему возникают проблемы в современном сборе, утилизации или использовании твердых отходов?

❑ **Темы для дискуссий. 1.** Рассмотрите одну из известных вам локальных экологических катастроф (сели, оползни, наводнения, пыльные бури, загрязнения, размножение вредителей, эпидемии и др.). Обсудите причины их возникновения и меры по разрешению и предотвращению в дальнейшем. **2.** Объясните, почему «устойчивое развитие» требует мобилизации усилий многих стран мирового сообщества. **3.** Оцените, как выполняются природоохранные законодательства и осуществляется контроль за рациональным использованием природных ресурсов в вашем районе и области. **4.** Охарактеризуйте роль общественных организаций (в том числе и ваших местных подразделений) в рациональном природопользовании и охране природы? **5.** Обсудите возможное практическое участие своего школьного коллектива в мониторинге состояния окружающей среды (может быть, и некоторых природных ресурсов).

ВСПОМНИТЕ

Химическое и радиационное загрязнение среды

СПИД, ВИЧ-инфекция

Смертность, рождаемость

Биологическое разнообразие

§ 42. Экология и здоровье

Согласно самому всеобъемлющему определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), *здоровье — это состояние полного физического, душевного и социального благополучия.* Оно, несомненно, включает такие важные показатели, как отсутствие болезней и травм, но не исчерпывается ими. Полноценное здоровье обеспечивает нормальное существование и воспроизведение (продолжение во времени и в пространстве) как отдельного человека, так и населения какой-либо территории вплоть до планеты в целом. Установлено, что здоровье людей только на 20—25% зависит от индивидуальных генетических факторов, а на 75—80% — от социально-экологических и экономических условий существования (образа жизни, состояния среды, уровня здравоохранения и т. п.). Отсюда очевидна взаимосвязь экологии и здоровья, необходимость основательного знания и разумного применения экосоциальных закономерностей и правил здорового образа жизни. Всеобщая декларация прав человека, принятая ООН еще в 1948 г., провозгласила: «Каждый человек имеет право на такой жизненный уровень... который необходим для поддержания его здоровья и благосостояния». В предыдущих параграфах были показаны разнообразные формы и масштабы антропогенных нарушений в природной среде, прямо или косвенно влияющие на состояние здоровья населения. В последнее время изучение этих воздействий и разработка методов их коррекции осуществляется в рамках новой *концепции здоровья среды* как основы устойчивого развития общества и природы. Следовательно, экосоциальные связи в значительной мере определяют сегодня здоровье человека, здоровье населения и здоровье среды.

Здоровье человека. Основные правила сохранения личного здоровья, профилактики наиболее распространенных заболеваний и вредных для организма привычек изложены в школьном учебнике «Человек». О страшной современной болезни человечества — СПИДе — говорится в § 30 главы 5 настоящего учебника. Поэтому здесь уместно рассмотреть роль экосоциальных связей со средой для поддержания *индивидуального здоровья.* Его нарушения часто вызываются наличием в организме чуждых нормальному метаболизму химических веществ и соединений или чрезмерных их объемов, превышающих защитные возможности иммунной системы.

Пути поступления таких веществ в организм человека различны. 1. Во многих случаях, рассмотренных в предыдущих параграфах, они могут мало зависеть от конкретного человека. Примеры такого рода —

дыхание загрязненным воздухом или влияние искусственной радиации. 2. Какая-то часть вредных веществ, болезнетворных бактерий или вирусов попадает в организм из-за несоблюдения санитарно-гигиенических норм или случайно, по незнанию. Это отравление продуктами неизвестного происхождения (особенно грибами), потребление некачественной воды, пренебрежение требованиями медицины, приводящее к тяжелым инфекционным болезням (венерическим, гепатиту, СПИДу и др.). 3. Ряд особо опасных веществ вводится в организм намеренно, ради получения кратковременного удовольствия («кайфа», как выражаются в молодежной среде). Это происходит при курении, приеме алкоголя, наркотиков. Такие вещества особо опасны появлением стойкой зависимости от них организма, тяжело поддающейся лечению, которая в случае раннего начала, например курения, приводит к возникновению неизлечимых болезней (в особенности рака легких), а при алкоголизме — к преждевременному изнашиванию организма и потере социального статуса («человеческого облика»). Регулярное употребление наркотиков сразу же формирует непреодолимую потребность («манию») во все новых и новых дозах, быстро приводит к полной деградации организма и неизбежной смерти в молодом возрасте. К тому же выявили, что среди 50 тыс. жителей России, заболевших в 2000 г. СПИДом и обреченных на верную смерть, около 90% оказались наркоманами, получившими вирус иммунодефицита человека (ВИЧ) при многократном использовании шприцев.

Очевидно, что экосоциальные связи, улучшающие или, напротив, ухудшающие индивидуальное здоровье, вплоть до его полной потери, в значительной мере могут сознательно корректироваться каждым человеком. Для этого необходимы только знания — в т. ч. из настоящего учебника — и сила воли для разумного управления собственным поведением. Как гласит известная пословица: «Человек — кузнец своего счастья», добавим — и своего здоровья.

Здоровье населения. Это понятие применяется в отношении жителей города, села, региона, страны (в таком случае иногда говорят «здоровье нации»). В отличие от индивидуального здоровья оно зависит от общества, от его способности (или неспособности) регулировать антропогенное воздействие на среду жизни населения. По этому поводу в Хартии улучшения здоровья ВОЗ (1986 г.) сказано: «Хорошее здоровье представляет собой главный ресурс для социального и экономического развития как общества в целом, так и отдельной личности и является важнейшим критерием качества жизни». В предыдущих параграфах приведено множество примеров негативного воздействия современной техники на природную среду, повлекшего тяжелые последствия для здоровья миллионов людей. Самый известный тому пример — Чернобыльская катастрофа 1986 г., которая привела к радиоактивному заражению

территории десятка областей Украины, Белоруссии и России суммарной площадью свыше 80 тыс. км^2, где проживает более 5 млн человек.

Обобщенный показатель здоровья населения — уровень смертности в разных возрастных группах. За вторую половину XX столетия смертность мирового населения сократилась ровно вдвое: с 20 до 10 смертей на 1000 человек в год, а новорожденных даже втрое — со 155 до 57 смертей на 1000 рождений. Всего этого добились, главным образом, в развивающихся странах благодаря улучшению санитарии, водоснабжения и медицинского обслуживания. В результате средняя продолжительность жизни в мире за последние полвека возросла с 46 до 65 лет. Дальнейшее сокращение смертности сходными темпами прогнозируется и на первую половину XXI столетия. Из этой благополучной в целом картины позитивных мировых тенденций выпадает современная ситуация в России, где за последнее десятилетие XX в. вдвое упала рождаемость и почти так же выросла смертность из-за внезапного и резкого ухудшения условий жизни подавляющего большинства населения. Именно эти «ножницы» обусловили уникальное для мира в целом общее сокращение численности населения почти на всем пространстве бывшего СССР, которое прогнозируется и в будущем. Неблагополучное современное состояние здоровья населения России и негативные тенденции его изменений свидетельствуют о необходимости неотложных социально-экономических мер по коренному повышению качества жизни в стране.

Что касается душевного и социального благополучия, эти важные компоненты здоровья населения (из определения ВОЗ) больше всего зависят от уровня социально-экономического развития общества.

Однако состояние стресса и даже массовые депрессии могут быть вызваны тяжелыми формами химического загрязнения среды или катастрофами типа Чернобыльской аварии. Стало быть, в конечном счете, они также связаны с последствиями масштабных нарушений в сфере природопользования.

Здоровье среды. Быть полностью здоровым можно только в здоровой жизненной среде — это аксиома. Поэтому постоянная забота о высоком качестве окружающей среды закладывает полноценные основы для высокого уровня здоровья населения. В этом и заключается суть концепции о здоровье среды как обобщенной характеристике ее благоприятности для длительного существования живых организмов, включая человека. Основной целью при этом является поддержание такого состояния окружающей среды, которое обеспечивает экологическую безопасность человека и других живых существ через снижение экологических рисков. Тем самым природоохранная деятельность рассматривается не только как акт гуманного отношения, например, к живой природе, но и как насущная необходимость, обязательное условие обеспечения здоровья и выживания самого человечества. Одним из надежных индикато-

ров здоровья среды является состояние *биологического разнообразия* на локальном, национальном и глобальном уровнях. При этом оцениваются видовое богатство, сохранение редких видов и видов ландшафтных индикаторов, структура сообществ, наличие и степень антропогенной трансформации природных местообитаний, способность животных и растений адаптироваться к меняющейся среде и многие другие показатели. Сейчас разрабатывается балльная оценка здоровья среды и системы ее мониторинга, учитывающие интегральные характеристики живых организмов: морфологические отклонения, проявление и частота генетических мутаций, физиологическое состояние, иммунный статус.

На Второй конференции ООН по окружающей среде и развитию (1992 г., Рио-де-Жанейро, Бразилия) не случайно были приняты два базовых документа, дополняющие друг друга: *Концепция устойчивого развития общества и природы* и Конвенция *«О биологическом разнообразии»*. Состояние биоразнообразия в значительной мере определяет и позволяет оценивать здоровье среды. В свою очередь, здоровая среда обеспечивает экологическую безопасность и тем самым представляет собой экологическую составляющую устойчивого развития общества и природы. Суть устойчивого развития заключается в разумном удовлетворении сегодняшних потребностей человечества, не подрывающем возможность длительного существования будущих поколений жителей Земли. Для этого необходимо гармоничное развитие экосоциальных связей человечества в едином комплексе природной и социально-экономической среды. Важно, что оба эти компонента одинаково значимы для обеспечения устойчивого развития. Задолго до появления самой этой концепции известный отечественный географ Д. Л. Арманд (1966) выразил ее основную идею очень просто: экономические и природные ресурсы надлежит расходовать так, чтобы их хватило «нам и внукам». Добавим от себя: и нашим праправнукам тоже. В реализации этой концепции, в обеспечении максимально длительного бескризисного сосуществования человечества и природы на Земле важная и все возрастающая роль принадлежит экологии.

❑ **Здоровье человека. Здоровье населения. Здоровье среды. Устойчивое развитие общества и природы.**

❑ **Здоровье человека, населения и среды — основа устойчивого развития общества и природы, непременное условие длительного существования человечества на Земле.**

■ Примеры и дополнительная информация

1. Опасные для здоровья вещества и соединения.

Среди загрязнителей природной среды насчитываются десятки тысяч разнообразных веществ, число которых непрерывно растет. Некоторые из них особо опасны для здоровья человека и других живых существ.

Тяжелые металлы. В виде микроэлементов необходимы для нормальной жизнедеятельности, но в высоких концентрациях они становятся ядами. Больше всего тяжелых металлов выбрасывается при горении и с промышленными отходами. *Свинец* попадает в среду главным образом при сжигании этилированного бензина автомобилями, и потому самые высокие его концентрации обнаруживают вблизи магистралей с интенсивным движением. Накопление в организме свинца приводит к тяжелым отравлениям, негативно влияет на умственное развитие детей. Поэтому следует воздерживаться от употребления в пищу зелени, овощей, фруктов и особенно грибов, выросших в придорожных полосах, и даже молока от коров, поедающих здесь траву. *Кадмий* встречается реже (он есть, например, в табачном дыме), но его действие на органы дыхания, почки, нервную систему и половую сферу весьма опасно. Тяжелые отравления организма вызывают пары, соли и органические соединения *ртути*, которая широко используется в электротехнической и химической промышленности. В дополнительной информации в § 36 дается подробное описание болезни Минамата, вызываемой отравлением ртутью. В школах, медицинских учреждениях и дома крайне опасны для здоровья разбитые ртутные термометры.

Органические вещества. Широкую известность в последнее время получили *диоксины*, поступающие в атмосферу с нефтехимических предприятий или, например, при открытом сжигании бытового мусора, содержащего синтетическую упаковку. Это сверхтоксичные соединения, которые поражают легкие, почки и другие органы, подавляют способность к деторождению, вызывают появление уродств. Известен случай, когда на севере Италии выброс всего 2 кг диоксинов вызвал тяжкие заболевания у двух сотен людей и отравление многих десятков тысяч домашних животных. Опасны также *полихлорбифенилы* (ПХБ), *фенолы*, *метиловый спирт* (вызывает слепоту или даже смерть при употреблении в качестве алкоголя) и многие другие органические соединения.

Нитраты. Эти азотистые удобрения часто используются в завышенных концентрациях для ускорения роста и созревания овощей. «Накачанные» нитратами, например, ранние арбузы и другие ово-

щи вызывают отравление организма. Во избежание неприятных последствий при покупке картофеля, овощей и фруктов полезно проверять концентрацию в них нитратов приборами.

В последнее время быстро развивается биотехнология. Например, при производстве сельскохозяйственной продукции все шире используются генетические трансформированные (*трансгенные*) животные и растения. Соответствующие фирмы подчеркивают полную безопасность таких продуктов для человека, тогда как медики и биологи настаивают на комплексной проверке возможных (в том числе отдаленных) генетических последствий их употребления. Эта проблема пока остается дискуссионной.

2. Меры по ограничению курения.

В нашей стране запрещена реклама табачных изделий на телевидении, а каждая пачка сигарет снабжена обязательной надписью: «Минздрав предупреждает: курение опасно для Вашего здоровья». В США и некоторых других странах в 70-е годы в средствах массовой информации была развернута активная кампания по защите прав некурящих дышать чистым воздухом, поддержанная законодательными запретами курения в общественных местах. Результаты проявились достаточно быстро: за 30 лет потребление сигарет сократилось почти вдвое — с 4000 до 2000 тыс. штук в год (рис. 135).

3. Динамика показателей рождаемости и смертности в России за 1985—2000 гг. (рис. 136).

4. Типы здоровья населения (по Б. Б. Прохорову, 1995).

Выделяют пять типов «популяционного здоровья»:

1. Выживание популяции под постоянной угрозой гибели; характерен преимущественно для первобытного общества.

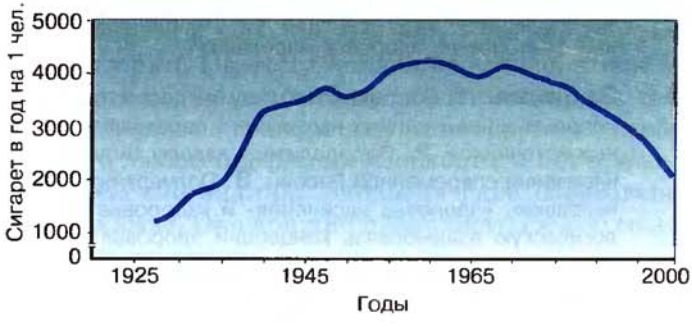


Рис. 135.
Динамика курения в США

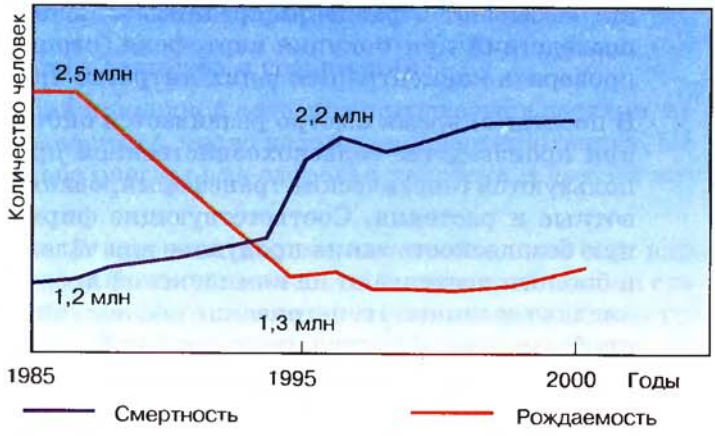


Рис. 136. Изменение рождаемости и смертности в России за 1985—2000 гг.

2. Относительно короткая жизнь большинства населения с высоким уровнем преждевременной смертности при массовых эпидемиях; более всего присущ средневековью.

3. Достаточно продолжительная жизнь большинства населения, но с угрозой преждевременной повышенной смертности для части людей в молодом и трудоспособном возрасте от сердечно-сосудистых, онкологических и других болезней, несчастных случаев, отравлений и травм.

4. Продолжительная жизнь большинства населения с высокой трудоспособностью и здоровой старостью.

5. Длительная и полноценная жизнь всего населения — идеал будущего.

❑ **Вопросы. 1.** Какие факторы влияют на здоровье человека, ограничивают продолжительность жизни? **2.** Каковы меры личной профилактики для предотвращения тяжких заболеваний и преждевременной смерти? **3.** Какие изменения средней продолжительности жизни произошли в мире за последние 50 лет? **4.** Какова современная динамика рождаемости и смертности в России? **5.** Какие меры принимаются в мире и в России по ограничению воздействия негативных факторов на здоровье населения?

❑ **Задания. 1.** Составьте таблицу веществ, опасных для здоровья человека, с использованием данных настоящего параграфа, главы 6 в целом и дополнительных источников. **2.** Определите, к какому типу здоровья относится большинство населения современной России. **3.** Подчеркните особенности понятий «здоровье человека», «здоровье населения» и «здоровье среды». **4.** Охарактеризуйте экологическую взаимосвязь концепции здоровья среды и перспектив устойчивого развития общества и природы.

Заключение

Современная экология развеяла одно из главных заблуждений человечества, окрыленного развитием своей науки и техники. Долгое время считалось, что человек — царь и властелин природы, призванный, ни с чем не считаясь, покорять ее и подчинять своим нуждам. Этот путь, как показывает ход истории, оказался тупиком в эволюции самого человечества. Он привел не только к учащению многочисленных экологических катастроф, но и грозит подорвать саму возможность существования человека на Земле — устойчивость биосферы в целом.

Законы экологии диктуют людям, что необходимо коренным образом менять отношение к природе. Она взрастила и поддерживает человечество. Мы, вместе со своей цивилизацией, — часть природы, встроены в нее и целиком от нее зависим. Поэтому главное условие нашего развития — не покорение, а сотрудничество с природой, бережное и заботливое отношение ко всему живому на Земле.

Человечество озабочено сейчас тем, чтобы перестроить все формы своей деятельности не во вред, а на пользу биосфере, исправить нанесенные ей повреждения и предотвратить новые. Это единственный путь, чтобы обеспечить не только дальнейшее существование людей на Земле, но и новый подъем цивилизации. Этот грандиозный процесс только начинается. Он проходит трудно, требует много знаний, средств и объединенных усилий всех государств и народов. Все мы — активные участники этого нового этапа в истории. Поэтому так важно сейчас, чтобы будущее общество было обществом экологически грамотных людей. Экологическое образование каждого гражданина приобретает особое значение. На любой работе, в любой профессии необходимы конкретные профессиональные экологические знания. Экологическое образование не кончается на школьной скамье. Оно должно продолжаться всю сознательную жизнь современного человека.

В добрый путь на благо Природе и людям!

Приложение

Российская Федерация

Федеральный закон*

Об особо охраняемых природных территориях

Принят Государственной Думой
15 февраля 1995 года

Особо охраняемые природные территории — участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны.

Особо охраняемые природные территории относятся к объектам общенационального достояния.

Настоящий Федеральный закон регулирует отношения в области организации, охраны и использования особо охраняемых природных территорий в целях сохранения уникальных и типичных природных комплексов и объектов, достопримечательных природных образований, объектов растительного и животного мира, их генетического фонда, изучения естественных процессов в биосфере и контроля за изменением ее состояния, экологического воспитания населения.

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Статья 2

Категории и виды особо охраняемых природных территорий

1. С учетом особенностей режима особо охраняемых природных территорий и статуса находящихся на них природоохранных учреждений различаются следующие категории указанных территорий:

а) государственные природные заповедники, в том числе биосферные;

б) национальные парки;

в) природные парки;

* Выдержки из Федерального закона.

г) государственные природные заказники;

д) памятники природы;

е) дендрологические парки и ботанические сады;

ж) лечебно-оздоровительные местности и курорты.

2. Правительство Российской Федерации, соответствующие органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления могут устанавливать и иные категории особо охраняемых природных территорий (территории, на которых находятся зеленые зоны, городские леса, городские парки, памятники садово-паркового искусства, охраняемые береговые линии, охраняемые речные системы, охраняемые природные ландшафты, биологические станции, микрозаповедники и другие).

3. В целях защиты особо охраняемых природных территорий от неблагоприятных антропогенных воздействий на прилегающих к ним участках земли и водного пространства могут создаваться охранные зоны или округа с регулируемым режимом хозяйственной деятельности.

4. Все особо охраняемые природные территории учитываются при разработке территориальных комплексных схем, схем землеустройства и районной планировки.

5. На основании принятых схем развития и размещения особо охраняемых природных территорий или территориальных схем охраны природы органы государственной власти субъектов Российской Федерации принимают решения о резервировании земельных участков, которые предполагается объявить особо охраняемыми природными территориями, и об ограничении на них хозяйственной деятельности.

6. Особо охраняемые природные территории могут иметь федеральное, региональное или местное значение.

Особо охраняемые природные территории федерального значения являются федеральной собственностью и находятся в ведении федеральных органов государственной власти.

Особо охраняемые природные территории регионального значения являются собственностью субъектов Российской Федерации и находятся в ведении органов государственной власти субъектов Российской Федерации.

Особо охраняемые природные территории местного значения являются собственностью муниципальных образований и находятся в ведении органов местного самоуправления.

7. Территории государственных природных заповедников и национальных парков относятся к особо охраняемым природным территориям федерального значения. Территории государственных заказников, памятников природы, дендрологических парков и ботанических садов, лечебно-оздоровительных местностей и курортов могут быть отнесены либо к особо охраняемым природным территориям федерального значения,

либо к особо охраняемым природным территориям регионального значения. Лечебно-оздоровительные местности и курорты могут объявляться особо охраняемыми природными территориями местного значения.

Статья 3

Государственное управление и государственный контроль в области организации и функционирования особо охраняемых природных территорий

1. Государственное управление и государственный контроль в области организации и функционирования особо охраняемых природных территорий федерального значения осуществляются Правительством Российской Федерации и специально уполномоченными на то государственными органами Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды.

2. Государственное управление и государственный контроль в области организации и функционирования территорий государственных природных заказников, памятников природы, дендрологических парков и ботанических садов, лечебно-оздоровительных местностей и курортов регионального значения осуществляются органами государственной власти субъектов Российской Федерации и специально уполномоченными на то государственными органами Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды.

Статья 4

Государственный кадастр особо охраняемых природных территорий

Государственный кадастр особо охраняемых природных территорий включает в себя сведения о статусе этих территорий, об их географическом положении и границах, режиме особой охраны этих территорий, природопользователях, эколого-просветительской, научной, экономической, исторической и культурной ценности.

Государственный кадастр особо охраняемых природных территорий ведется в целях оценки состояния природно-заповедного фонда, определения перспектив развития сети данных территорий, повышения эффективности государственного контроля за соблюдением соответствующего режима, а также учета данных территорий при планировании социально-экономического развития регионов.

Порядок ведения государственного кадастра особо охраняемых природных территорий устанавливается Правительством Российской Федерации.

Оглавление

Введение 4

ЧАСТЬ I. ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Глава 1 ***Организм и среда***

§ 1. Потенциальные возможности размножения организмов 10
§ 2. Общие законы зависимости организмов от факторов среды 15
§ 3. Основные пути приспособления организмов к среде 22
§ 4. Основные среды жизни 30
§ 5. Пути воздействия организмов на среду обитания 40
§ 6. Приспособительные формы организмов 46
§ 7. Приспособительные ритмы жизни . . . 53

Глава 2 ***Сообщества и популяции***

§ 8. Типы взаимодействия организмов . . . 60
§ 9. Законы и следствия пищевых отношений 65
§ 10. Законы конкурентных отношений в природе 74
§ 11. Популяции 79
§ 12. Демографическая структура популяций 85
§ 13. Рост численности и плотность популяций 91
§ 14. Численность популяций и ее регуляция в природе 99
§ 15. Биоценоз и его устойчивость 106

Глава 3
Экосистемы

§ 16. Законы организации экосистем 115
§ 17. Законы биологической продуктивности 121
§ 18. Агроценозы и агроэкосистемы 129
§ 19. Саморазвитие экосистем — сукцессии 136
§ 20. Биологическое разнообразие как основное условие устойчивости популяций, биоценозов и экосистем .. 142
§ 21. Биосфера 148
§ 22. Экология как научная основа природопользования 157

ЧАСТЬ II. СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Глава 4
Экологические связи человека

§ 23. Человек как биосоциальный вид 162
§ 24. Особенности пищевых и информационных связей человека .. 165
§ 25. Использование орудий и энергии 171
§ 26. История развития экологических связей человечества. Древние гоминиды .. 176
§ 27. История развития экологических связей человечества. Человек разумный .. 183
§ 28. История развития экологических связей человечества. Современность 189
§ 29. История развития экологических связей человечества. Будущее 192

Глава 5
Экологическая демография

§ 30. Социально-экологические особенности демографии человечества 195
§ 31. Рост численности человечества 202
§ 32. Социально-географические особенности демографии человека 206
§ 33. Демографические перспективы 211

Глава 6
Экологические проблемы и их решения

§ 34. Современные проблемы охраны природы 217
§ 35. Современное состояние и охрана атмосферы 226
§ 36. Рациональное использование и охрана водных ресурсов 236
§ 37. Использование и охрана недр 246
§ 38. Почвенные ресурсы, их использование и охрана 254
§ 39. Современное состояние и охрана растительности 260
§ 40. Рациональное использование и охрана животных 269
§ 41. От экологических кризисов и катастроф к устойчивому развитию 280
§ 42. Экология и здоровье 290
Заключение 297

Учебное издание

Чернова Нина Михайловна
Галушин Владимир Михайлович
Константинов Владимир Михайлович

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

10 (11) класс

Зав. редакцией *И. Б. Морзунова*
Редакторы *Е. Д. Богданова, Г. М. Пальдяева*
Оформление *М. Г. Мицкевич*
Художники *М. С. Сергеева, А. Б. Семаков, Б. А. Гомон, О. В. Каменская, А. Б. Лаврова, Н. В. Торопицына*
Художественный редактор *М. Г. Мицкевич*
Технический редактор *В. Ф. Козлова*
Компьютерная верстка *Г. А. Михеева*
Корректор *И. А. Никанорова*

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.24.953.Д.006499.07.06 от 26.07.2006.

Подписано к печати 15.03.07. Формат $70\times90^{1}/_{16}$. Бумага офсетная.
Гарнитура «Школьная». Печать офсетная. Усл. печ. л. 22,23.
Тираж 25 000 экз. Заказ № 17024 (п-г3).

ООО «Дрофа».
127018, Москва, Сущевский вал, 49.

Предложения и замечания по содержанию и оформлению книги просим направлять в редакцию общего образования издательства «Дрофа»: 127018, Москва, а/я 79. Тел.: (495) 795-05-41. E-mail: chief@drofa.ru

По вопросам приобретения продукции издательства «Дрофа» обращаться по адресу:
127018, Москва, Сущевский вал, 49.
Тел.: (495) 795-05-50, 795-05-51. Факс: (495) 795-05-52.

Торговый дом «Школьник».
109172, Москва, ул. Малые Каменщики, д. 6, стр. 1А.
Тел.: (495) 911-70-24, 912-15-16, 912-45-76.

Сеть магазинов «Переплетные птицы».
Тел.: (495) 912-45-76.

Интернет-магазин: http://www.drofa.ru

ОАО «Смоленский полиграфический комбинат». 214020,
г. Смоленск, ул. Смольянинова, 1.