



СТРОЕНИЕ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЖИВЫХ СИСТЕМ. ПОПУЛЯЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

§ 36

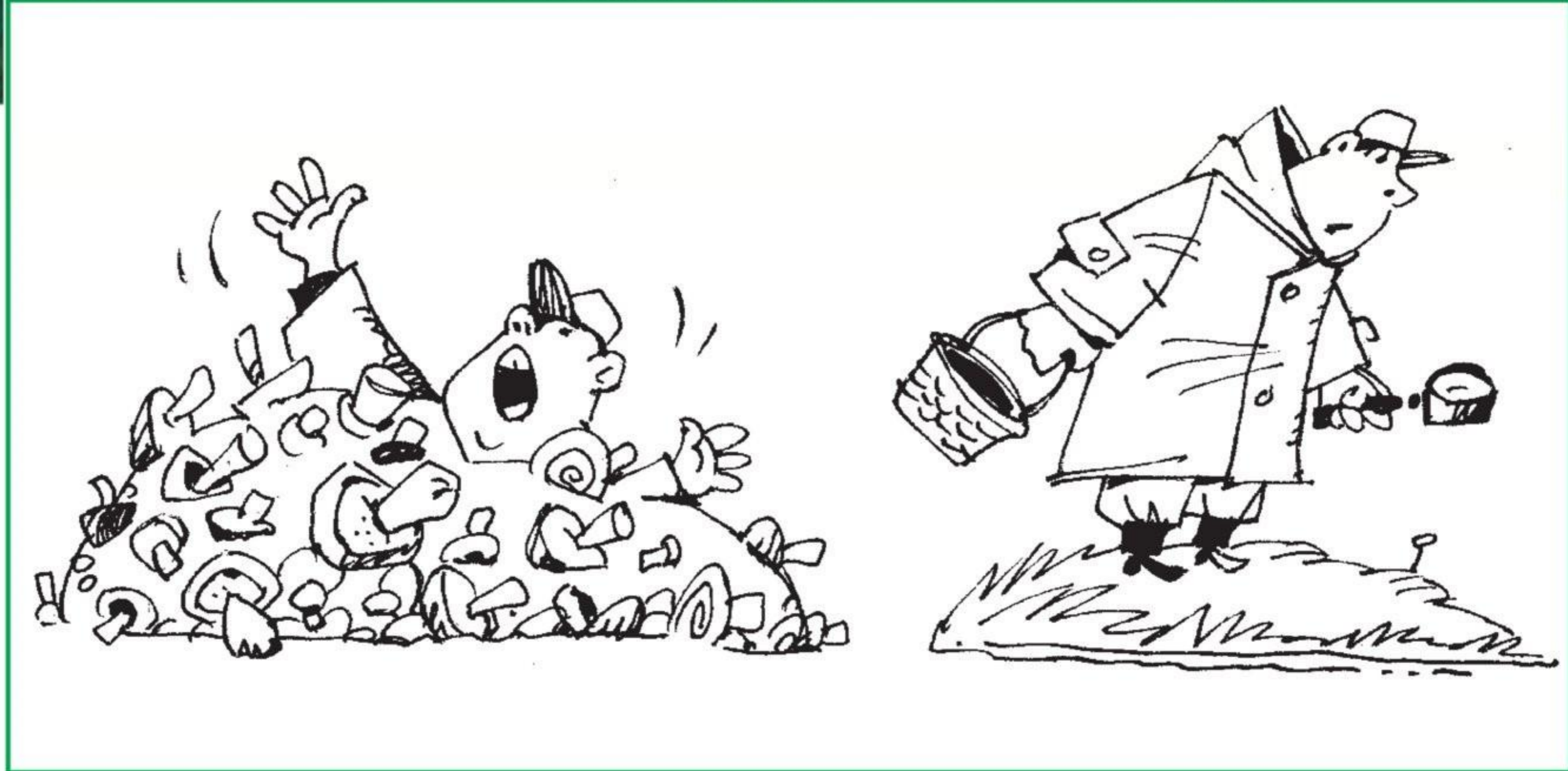
ЭКОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Вот экология — модное слово,
Раньше природа не знала такого,
Банки, бутылки в кусты не бросали,
В реку отходы и нефть не сливали.

М. Б. Львовский

Если мы отправимся на прогулку в лес, поле или на поляну, если мы нырнём в озеро или реку, мы никогда не увидим там один-единственный живой организм. В одиночку животных можно увидеть только в зоопарке. Да и то это только так кажется. На теле зверей и птиц всегда обитают паразиты, в углах вольера прячутся мыши с целью добыть немного объедков, через решётку залетают воробьи, да и посетители зоопарка значительно влияют на жизнь его обитателей.

Природа же представляет собой перенаселённую коммунальную квартиру, огромный дом с множеством жильцов. Эти обитатели могут помогать друг другу или мешать, ссориться или мириться, могут даже время от времени убивать друг друга, но всё равно никому из них не удаётся прожить в одиночку. Для изучения взаимоотношений различных видов организмов между собой и с окружающими их факторами неживой природы существует наука, называемая *экологией* (от греч. «ойкос» — дом, жилище). В целом экология исследует отношения организмов и их сообществ с окружающими условиями. Сам термин «экология» был предложен немецким биологом Эрнстом Геккелем (1834—1919) в 1866 г. В настоящее время этот термин получил широкое распространение, часто не имеющее никакого отношения к его первоначальному значению. Под экологией стали понимать нечто связанное с чистотой, здоровьем, благоприятностью условий жизни — в общем, всё то, что принято обозначать понятием «гигиене».



на». Появились совершенно бессмысленные выражения, такие как «экологически чистые продукты», «экология духовности» или «в этом городе плохая экология». Следует знать, что экология — это наука и плохой она может быть только в том случае, если в местном университете её плохо преподают, точно так же как «плохой» может быть химия или математика. Продукты же могут содержать или не содержать вредные вещества, но к экологии это в любом случае отношения не имеет.

Другое дело, что в последнее время в связи с интенсивной сельскохозяйственной и промышленной деятельностью человека многие экологические факторы, остававшиеся неизменными на протяжении тысячелетий, внезапно претерпели резкие изменения. В связи с этим экологии пришлось столкнуться с новыми, ранее не существовавшими проблемами, такими как исчезновение природных ландшафтов, изменение химического состава природных водоёмов, вымирание или резкое снижение численности многих видов и пр. Поэтому экологические знания необходимы для того, чтобы учитывать воздействия со стороны человечества на природную среду и оценить, насколько можно уменьшать их последствия.

Экологические факторы. Обстановку, в которой рождаются, развиваются и обитают живые организмы, называют их *средой обитания*. Очевидно, что эта среда определяет условия жизни находящихся в ней живых существ. Эти условия называют *экологическими факторами*. Обычно рассматривают три вида этих факторов.

Абиотические факторы включают те виды воздействий, которые не связаны с деятельностью живых организмов. К ним относят температуру, освещённость, влажность, силу и направление ветра, рельеф местности, солёность и пр. Наиболее важными абиотическими факторами на суше являются свет, температура и вода (осадки), а в море — свет, температура и солёность.

Биотические факторы связаны с влиянием живых организмов друг на друга, например, хищничество, конкуренция, опыление растений насекомыми и пр. Впоследствии мы поговорим о них подробнее.

Антропогенные факторы возникают в результате деятельности человека, изменяющего среду обитания организмов или непосредственно воздействующего на некоторые виды живых существ.

Элементарной единицей, обычно рассматриваемой в экологии, является *популяция*, т. е. группа особей одного вида, свободно скрещивающихся между собой, обитающая на определённой территории и относительно изолированная от других популяций того же вида.

Действие экологических факторов. Интенсивность каждого экологического фактора влияет на условия существования данной популяции, а следовательно, на её численность. Само собой разумеется, что недостаток пищи, воды или слишком низкая температура будут способствовать снижению численности популяции и в конце концов приведут к её гибели. Тот экологический фактор, значение которого в данный период времени представляет наибольшую опасность для существования популяции, называют *лимитирующим*. Лимитирующим фактором может быть не только недостаток, но и избыток таких, например, факторов, как тепло, свет или вода. Следовательно, организмам свойственны как экологические минимумы, так и экологические максимумы действующих факторов, а диапазон между этими величинами принято называть *диапазоном устойчивости*. Эти диапазоны для каждой популяции для разных факторов могут быть различными. Так, некоторые виды могут хорошо переносить значительные изменения температуры среды, но быть очень чувствительными к недостатку или избытку воды.

Где-то в середине между крайними значениями экологического фактора находится величина, при которой условия существования для данной популяции оптимальны, а значит, её численность достигает максимально возможного значения. Эта точка — *биологический оптимум* для данной популяции (рис. 115). При отклонении от оптимума в ту или другую сторону численность популяции снижается.

Как правило, особенно критическим для популяции является период размножения, в это время многие факторы среды становятся лимитирующими. Диапазон устойчивости для образующегося потомства (семян, яиц, эмбрионов или личинок) обычно значительно уже, чем для взрослых растений или животных. Поэтому, например, географическое распространение многих птиц часто зависит от влияния климата на яйца или птенцов, а не на взрослых животных.

Не следует, однако, думать, что организмы являются рабами физических влияний среды, они приспосабливаются сами и изменяют условия среды так, чтобы ослабить лимитирующее влияние температуры, света, воды и других факторов среды. Процесс приспособления организмов к условиям окружающей их среды называют *адаптацией*. Приспособление организмов заключается и в том, что они используют

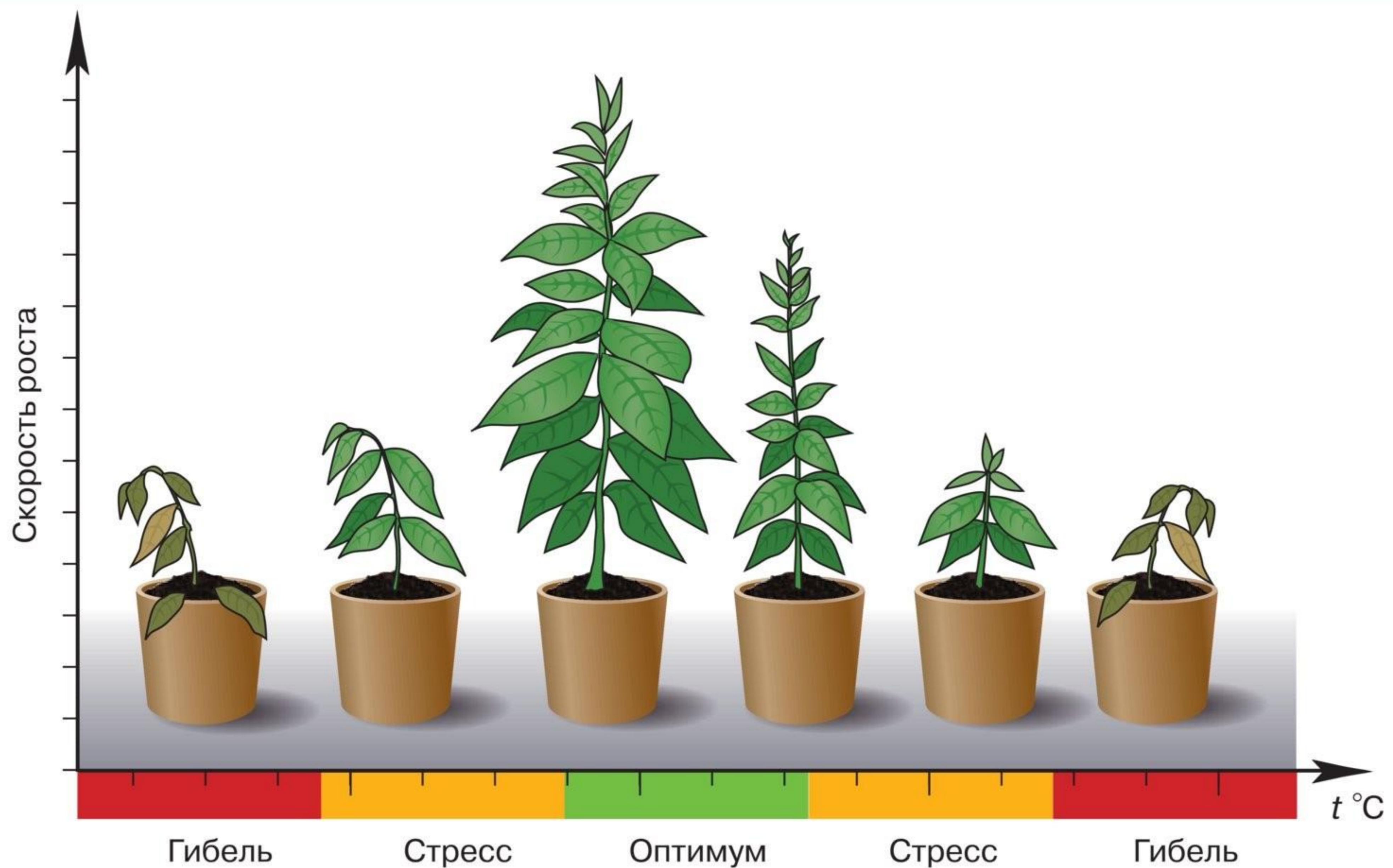


Рис. 115. Действие экологического фактора на организм

естественную периодичность природных явлений для изменения ритмов своей жизнедеятельности. Одним из важных факторов, повторяющихся со строгой периодичностью, является длина светового дня. В средних широтах она может колебаться от 16 часов в июле до 8 часов в декабре. В зависимости от продолжительности светлого времени суток изменяются сроки цветения многих растений, сроки миграции, размножения и наступления состояния покоя у животных. Снижение и даже полное прекращение активности могут происходить и у млекопитающих. Некоторые звери, например суслики или сурки, впадают в состояние **анабиоза**, при котором жизненные функции настолько снижаются, что становятся практически незаметными. Другие, такие как барсуки и медведи, могут частично сохранять активность (медведи даже размножаются в период зимней спячки), но перестают питаться и почти не покидают своих убежищ. На сезонные изменения, такие как перелёты птиц, время листопада, распускания листьев и цветения у растений, влияет также температура окружающей среды, которая, в отличие от длины светового дня, может меняться от года к году.

Проверьте свои знания

1. Что изучает экология?
2. Какие типы экологических факторов вы знаете? Как вы думаете, действие каких экологических факторов в настоящее время усиливается и почему?

3. Что такое лимитирующие факторы?
4. Какую роль играет адаптация в жизни организмов? Приведите примеры адаптации.

Задания

1. Назовите и оцените экологические факторы, которые действуют на вас в настоящий момент. Какие из них находятся в зоне оптимума?
2. Возьмите два горшка с комнатными растениями одного вида. Один поставьте на ярко освещённое место, а другой — в затенённое. Фиксируйте возникающие различия в размерах и строении этих растений в течение последующих недель. Сделайте выводы.

§ 37

ПОПУЛЯЦИЯ — ОСНОВНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЕДИНИЦА

Vox populi vox Dei («Голос народа — голос Бога»). По-латыни слово *populus* означает «народ». Но в качестве девиза современной экологии эту фразу можно перевести и так: «Голос популяции — голос Бога».

Как уже говорилось, элементарной экологической единицей считается популяция. В дальнейшем вы увидите, что единицей эволюции тоже является популяция. Дело в том, что при исследовании больших биологических систем в пространственном или временном аспектах нельзя принять в качестве элементарной единицы отдельный индивид. Продолжительность его жизни слишком мала, а подверженность случайным воздействиям слишком велика. Кроме того, каждый отдельный организм имеет уникальный набор генов (геном), который исчезает со смертью этого организма. В популяции же любой ген может сохраняться в течение значительного периода времени, передаваясь из поколения в поколение. При этом часть рецессивных аллелей может оставаться в течение длительного периода в скрытом состоянии и не проявляться в фенотипе, однако в некоторых случаях они могут проявить себя, оказавшись в гомозиготном состоянии, что повлияет на поведение, способность к адаптации и развитие популяции.

Основные характеристики популяции. Согласно одному известному высказыванию, популяция обладает «биологическими особенностями», которые она разделяет со всеми составляющими её организмами, и «групповыми особенностями», которые служат уникальными характеристиками группы. К последним относят рождаемость, смерт-

ность, возрастную структуру популяции и её генетическую приспособленность. Особь рождается, стареет и умирает, но в отношении особи нельзя говорить о рождаемости, смертности или возрастной структуре — эти понятия имеют смысл только на уровне группы, т. е. в популяции.

Одной из главных характеристик популяции является её **плотность** — величина по отношению к единице пространства (площади или объёму). Эту величину можно определить либо по числу особей, либо по биомассе популяции, т. е. суммарной массе всех составляющих её организмов. В зависимости от различных экологических факторов плотность может меняться, никогда при этом не выходя за определённые пределы. Так, в лесу может жить в среднем 100 птиц на 1 га и 20 тыс. почвенных членистоногих на 1 м², но никогда не бывает 20 тыс. птиц на 1 м² и всего 100 членистоногих на 1 га. Изменение плотности популяции может быть монотонным или периодическим. При монотонном росте численность популяции и её плотность либо непрерывно растут, если условия существования благоприятны, пока не достигнут максимальной величины, либо непрерывно снижаются в результате ухудшения условий существования, что в конечном счёте может привести к гибели популяции.

Динамика численности (или плотности) популяции зависит от **соотношения рождаемости и смертности** в ней. Рождаемость отражает способность популяции к увеличению и характеризует появление новых особей. **Максимальная (абсолютная) рождаемость** — это образование максимально возможного числа новых особей в идеальных условиях, когда отсутствуют лимитирующие факторы среды. Эта характеристика связана только с физиологическими возможностями организма. Понятие «**экологическая рождаемость**» (или просто рождаемость) означает увеличение популяции в конкретных экологических условиях и отражает реальный прирост численности популяции. Смертность характеризует гибель особей в популяции. Точно так же, как и рождаемость, **смертность** может быть **экологической**, определяющей гибель особей в данных условиях среды, и **минимальной**, которая проявляется в идеальных условиях и зависит только от естественной продолжительности жизни данного вида.

Важной характеристикой популяции является её **возрастная структура** (рис. 116). Она отражает соотношение различных возрастных групп в популяции, следовательно, определяет её способность к размножению в данный момент и показывает, что можно ожидать от этой популяции в будущем. Нужно, однако, обратить внимание на то, что возрастная структура популяции не всегда непосредственно связана с соотношением рождаемости и смертности. Дело в том, что каждое животное проходит через возрастные периоды, когда оно *ещё* не способно размножаться, когда оно *способно* размножаться и когда оно *уже* не способно размножаться. Соотношение этих периодов у разных видов может быть различным. Так, если у человека они

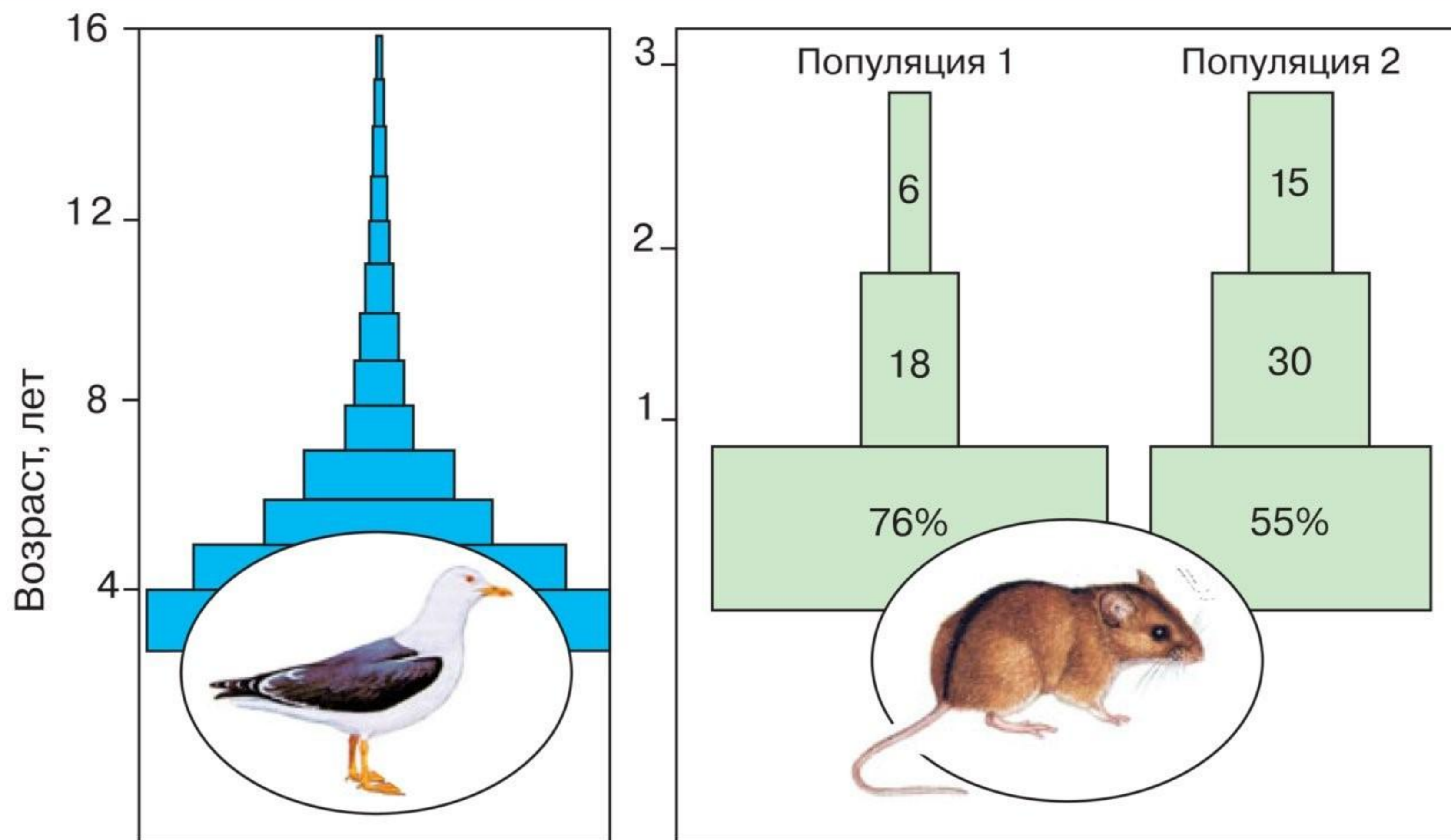


Рис. 116. Возрастные структуры некоторых популяций

примерно равны между собой, то некоторые насекомые проводят подавляющую часть своей жизни в состоянии личинки, которая не может размножаться. Например, насекомое подёнка живёт в личиночном состоянии до трёх лет, а во взрослом, когда она может летать и размножаться, — всего несколько дней (рис. 117). Поэтому при рассмотрении возрастной структуры популяции надо учитывать продолжительность возрастных периодов у данного вида животных.

Периодические изменения численности популяции. Практически любая популяция подвержена периодическому изменению своей чис-

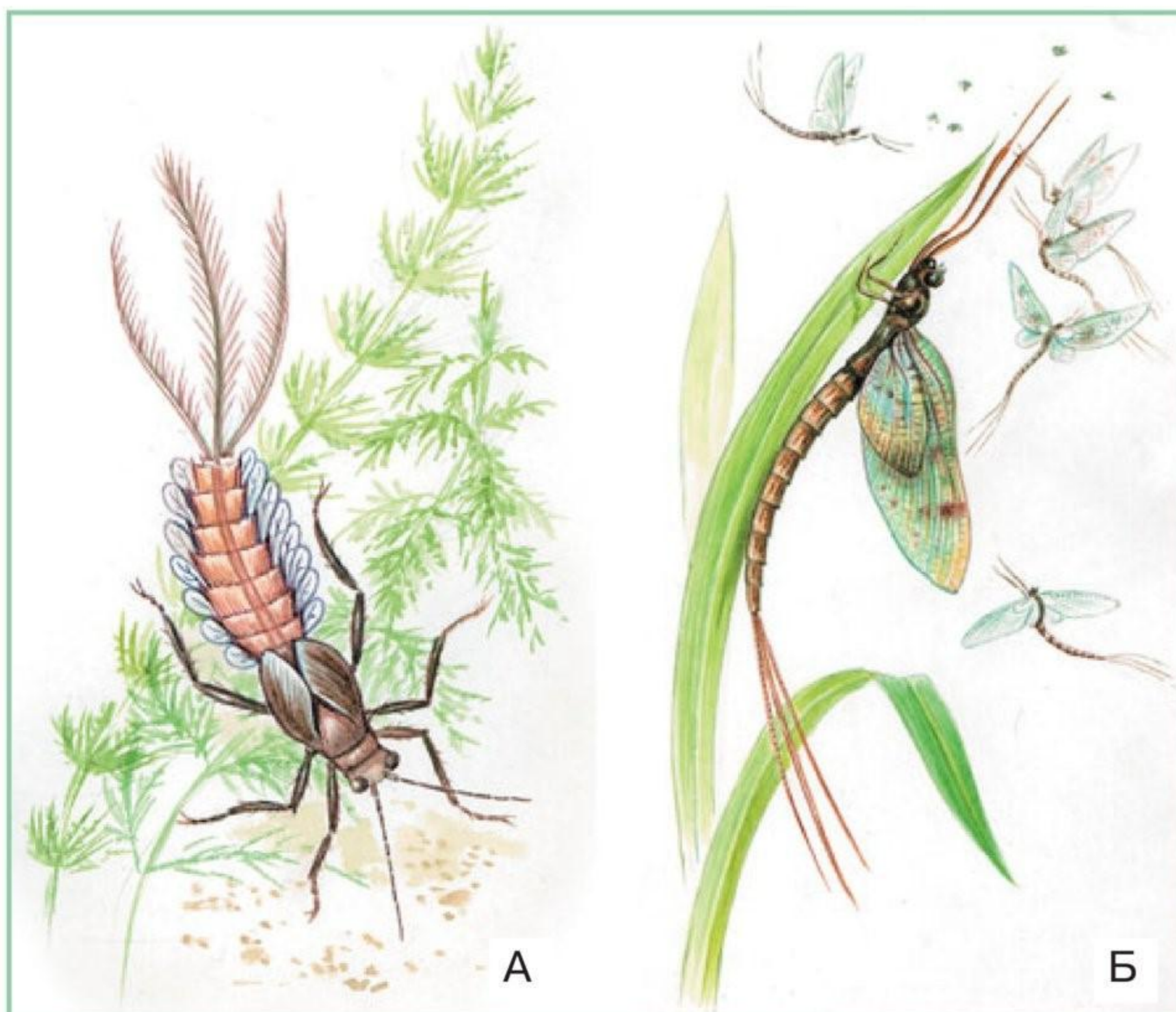


Рис. 117. Подёнка: личинка (А) и взрослое насекомое (Б)

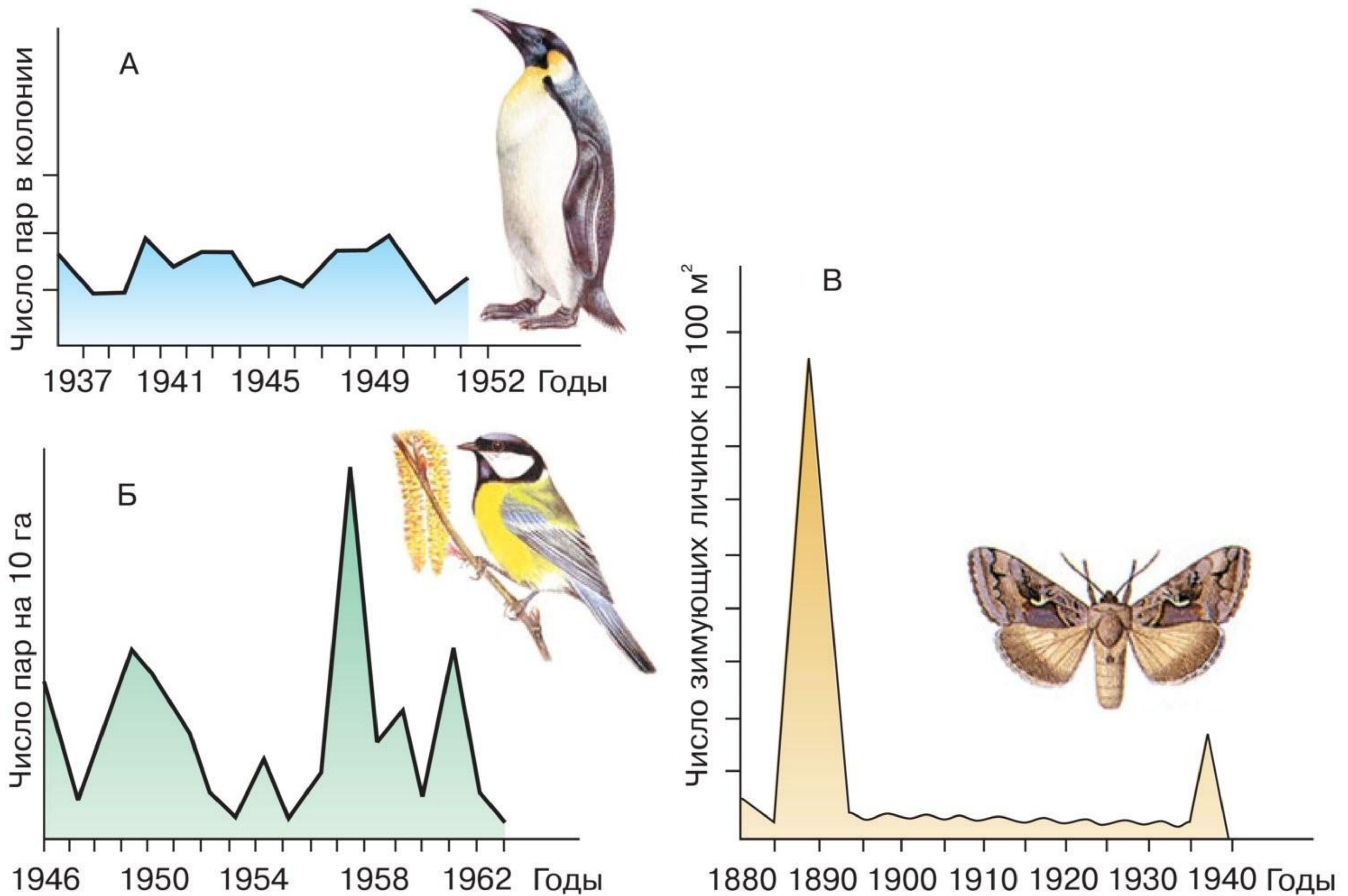
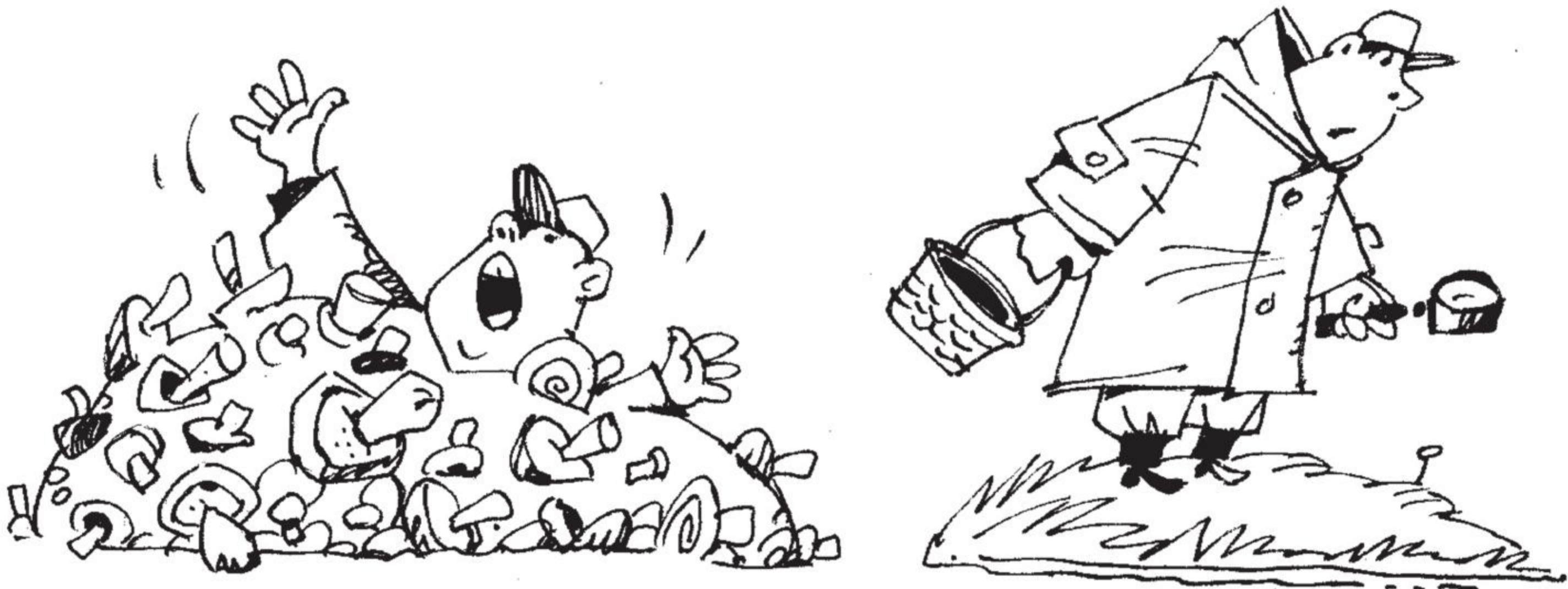


Рис. 118. Типы популяционной динамики:
 А — стабильный; Б — изменчивый; В — взрывной

ленности (рис. 118). Чаще всего это бывает связано с сезонными изменениями климата, которые сопровождаются сменой температурного или водного режима, а также недостаточностью или избыточностью пищевых ресурсов. В некоторых случаях, связанных с миграциями животных, численность их популяции в определённое время года может упасть до нуля: так, зимой в средних широтах вы не встретите ни одной кукушки, а летом — ни одного снегиря (разве что в зоопарке). В природе постоянно встречаются колебания численности с периодом более одного года. Некоторые из них объясняются взаимодействиями популяций хищника и жертвы, которые мы рассматривали в 10 классе. Напомним, что если на какой-то территории обитают зайцы и лисы, то при обилии зайцев численность лисиц начинает увеличиваться, так как они имеют достаточное количество пищи. Но когда лисицы размножатся в достаточном количестве, численность зайцев начнёт сокращаться, так как их будут постоянно съедать. Когда же зайцев останется мало, лисицы начнут вымирать от голода, что вскоре приведёт к росту численности зайцев. Процесс может продолжаться бесконечно. Подобные циклические колебания с равными трёх-четырёхлетними периодами характерны, например, для мышевидных грызунов и питающихся ими сов. Всем известно, что бывают грибные и не грибные годы, всем знакомо выражение типа «яблоки в этом году просто не



знаю куда и девать». Эти колебания связаны с погодными условиями, но иногда имеют и другие, более сложные причины.

Интересно, что во многих случаях животные умеют активно бороться с перенаселением. Иногда в тех случаях, когда плотность популяции достигает критического значения, у некоторых животных «отказывает» репродуктивная система, матери перестают кормить новорождённых детёнышей или даже убивают и съедают их. Такие случаи служат примером отрицательной обратной связи для регуляции численности популяций. Было показано, что при нормальных условиях в популяции всегда наблюдается тенденция к установлению стабильной возрастной структуры. Если это стабильное состояние из-за временного притока или оттока особей в другую популяцию нарушается, то при восстановлении нормальных условий возрастная структура вновь будет стремиться достигнуть прежнего состояния.

Проверьте свои знания

1. Почему популяция считается основной экологической единицей?
2. Что такое динамика численности популяции?
3. Сравните максимальную и экологическую рождаемость. В чём различие между ними?
4. Каковы причины периодических колебаний численности популяции?

Задания

1. Сравните изменения численности хорошо известных вам популяций за последние 2—3 года (например, урожай грибов или ягод в лесу, овощных или плодовых культур в саду или огороде).
2. Дайте определение половой структуры популяции. Подумайте, у каких популяций половая структура не определяется. С чем это связано?

§ 38

СООБЩЕСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

У птиц и зверьков в лесу есть свои этажи: мышки живут в корнях — в самом низу; разные птички, вроде соловья, вьют свои гнёздышки прямо на земле; дрозды — ещё повыше, на кустарниках; дупляные птицы — дятел, синички, совы — ещё повыше; на равной высоте по стволу дерева и на самом верху селятся хищники: ястреба и орлы. Мне пришлось однажды наблюдать в лесу, что у них, зверушек и птиц, с этажами не как у нас в небоскрёбах: у нас всегда можно с кем-нибудь перемениться, у них каждая порода живёт непременно в своём этаже.

М. М. Пришвин. Этажи леса

Ни одна популяция в природе не существует независимо от других. Какую бы малую территорию мы ни взяли исследовать, мы всегда обнаружим на ней большое число видов, принадлежащих ко всем четырём царствам живого мира — бактерии, растения, грибы и животные. Совокупность всех популяций, обитающих на данной территории и находящихся в постоянном взаимодействии друг с другом, называют **сообществом** или **биоценозом** (рис. 119). Если к биоценозу добавить все абиотические факторы, действующие на эти организмы, то мы получим экологическую систему — **экосистему**. Примером экосистемы может служить болото с его характерным рельефом, кочками и заполненными водой впадинами, периодически покрываемыми льдом и снегом, огромной массой бактерий, растущими на кочках грибами — от плесневых до шляпочных, мхом с находящимся под ним слоем торфа, различными червями, членистоногими, земноводными и обитающими на этом болоте птицами.

Все эти организмы вместе с факторами неживой природы находятся в теснейшей взаимосвязи и образуют сложнейшую систему с множеством прямых и обратных связей. Интересно, что экосистема не имеет чётких границ, отделяющих её от другой экосистемы, часть экосистемы — это тоже экосистема. Мы можем рассматривать в качестве экосистемы то же болото, а можем — пенёк, стоящий посреди этого болота. Он тоже будет обладать сложнейшей структурой отношений между живущими в нём организмами — бактериями, грибами, насекомыми, червями и прочими, и эту структуру можно исследовать независимо от окружающей этот пенёк среды. Часто в общей экологии рассматривают крупные экосистемы, обладающие ярко выраженными и хорошо различимыми признаками. Например, можно говорить об экосистеме тайги, лиственного леса, тундры, лесостепи и др. Такие экосистемы, имеющие чётко выраженные границы распространённости, называют **биогеоценозами**.

Несмотря на то что в пределах экосистемы на одной и той же территории обитает множество популяций, каждая из них строго адаптиро-

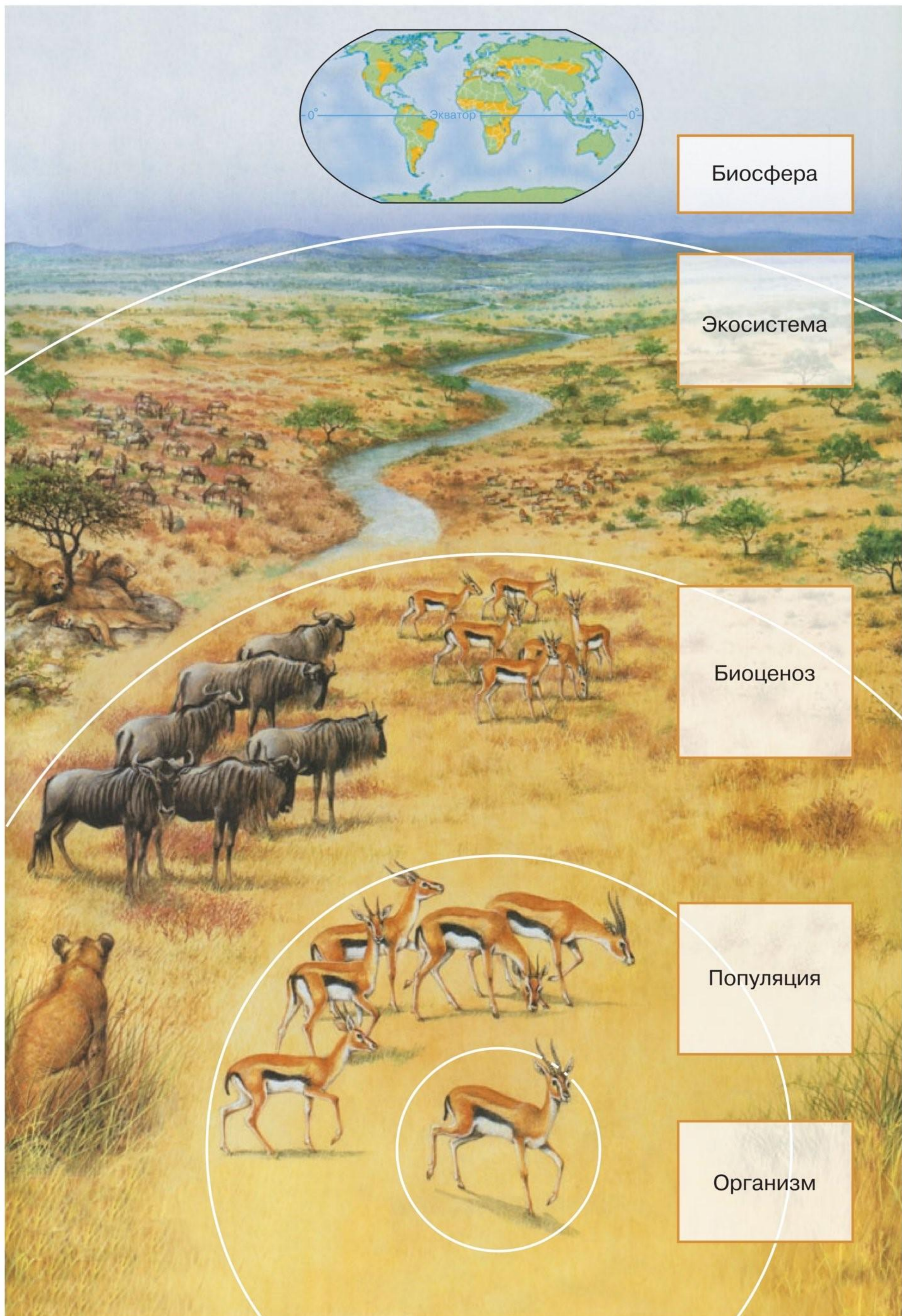


Рис. 119. Уровни организации живой природы

вана к определённым условиям существования. Совокупность этих условий для данной популяции называют её *экологической нишей*. Часто говорят, что экологическая ниша организма в экосистеме определяется его «адресом», «профессией» и «стилем жизни». Ни в одной экологической нише не могут существовать более одного вида организмов (принцип конкурентного исключения Гаузе). Существует и обратное правило: пустующая ниша обязательно будет заполнена. Популяции, занимающие одни и те же экологические ниши, никогда не смогут ужиться на одной территории. В своё время в Европе повсеместно была распространена чёрная крыса, однако в середине XVII в. огромная стая серых крыс (пасюков) переплыла Волгу и вскоре основательно потеснила своего чёрного собрата, поскольку их экологические ниши в значительной степени совпадали. Точно так же завезённый из Германии в Россию рыжий таракан значительно сузил область распространения своего чёрного родственника (рис. 120).

Структура экосистемы. В соответствии с числом и расположением экологических ниш популяций можно охарактеризовать структуру экосистемы.

Видовая структура определяется количеством и соотношением численности видов, входящих в данное сообщество. При этом можно учитывать либо число особей каждого вида, либо их биомассу. Обычно в сообщество входит множество относительно малочисленных видов и сравнительно немного видов, общая численность и биомасса которых велика. Для характеристики состояния экосистемы большое значение

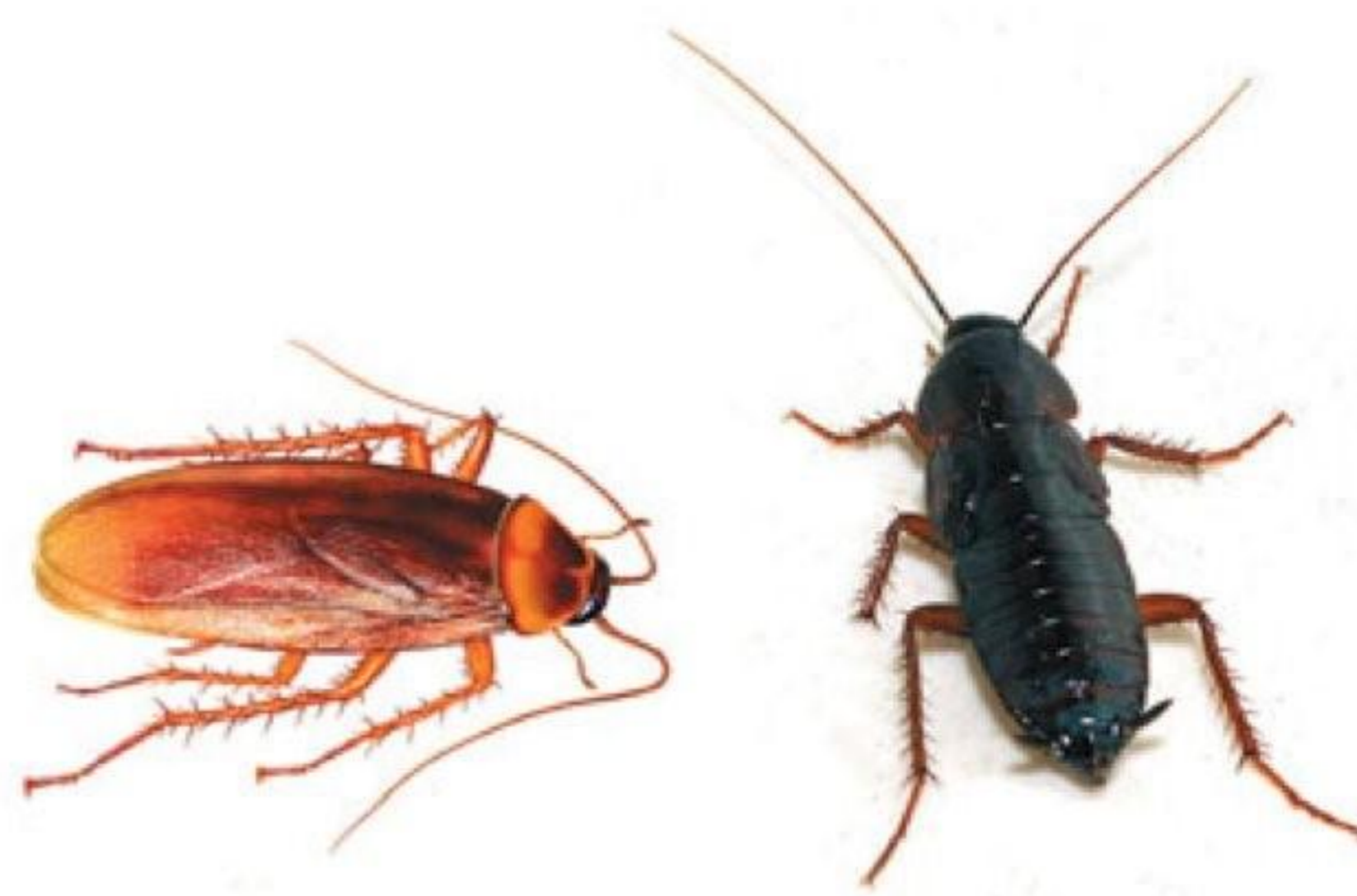


Рис. 120. Чёрная и серая крысы; рыжий и чёрный тараканы

имеет её видовое разнообразие. В благоприятных условиях может существовать большое количество экологических ниш, которые заселяются многочисленными видами. Чем больше видовое разнообразие, тем больше у системы возможностей адаптации к изменяющимся условиям, тем больше её устойчивость. В дальнейшем мы увидим, что искусственные, создаваемые человеком системы, где специально поддерживается очень низкое видовое разнообразие, обладают крайне малой устойчивостью.

Второй важной структурной характеристикой экосистемы является её **пространственная структура**, т. е. особенности заселения различными популяциями территории, занимаемой экосистемой. В основном эта структура определяется растительными сообществами. Пространственная структура имеет горизонтальную и вертикальную составляющие. В качестве примера можно взять пруд или лес. В первом горизонтальной составляющей будет служить отдалённость интересующего нас участка от берега, а вертикальной — его глубина. Во втором случае горизонтальной компонентой будет считаться отдалённость участка от окраины леса, наличие в нём полян и зарослей, а горизонтальной — его высота над поверхностью земли (или глубина под ней). От этих факторов зависят абиотические условия (освещённость, температура, влажность), а они, в свою очередь, определяют характер экологической ниши, пригодной для заселения тем или иным видом.

Вертикальную составляющую пространственной структуры экосистемы называют **ярусностью**. Наиболее отчётливо она проявляется в лесных экосистемах, где можно выделить подземных обитателей, виды, населяющие поверхность почвы, траву, кустарники, невысокие и высокие деревья (рис. 121). Каждый ярус характеризуется своим типом растительности, а вместе с ним и типом обитающих в нём животных. Даже такие подвижные обитатели леса, как птицы, предпочитают обитать, а тем более гнездиться на определённой высоте. Часто эко-



Рис. 121. Ярусность в растительном сообществе



Рис. 122. Бентос — обитатели дна океана

логически сходные и систематически родственные виды птиц селятся в различных ярусах леса для того, чтобы разделить свои экологические ниши.

Точно такая же ярусность существует и в водоёмах, где верхние слои воды имеют бóльшую освещённость и более высокую температуру. В самом верхнем ярусе на поверхности водоёма обитают организмы, называемые *нейтоном*. Организмы, обитающие в толще воды и пассивно переносимые течением, — это *планктон*. Различают *фитопланктон*, состоящий из мелких водорослей, и *зоопланктон*, в состав которого входят простейшие животные, мелкие ракообразные, некоторые личинки и пр. Активно передвигающиеся в толще воды животные, такие как рыбы и китообразные, образуют *нектон*. И наконец, на самом дне или возле него обитают малоподвижные или совсем неподвижные животные (кораллы, некоторые ползающие рыбы и моллюски), которые называют *бентосом* (рис. 122).

Ещё одной важной характеристикой экосистемы является её *трофическая структура*, о которой будет рассказано в следующем параграфе.

Проверьте свои знания

1. Что такое сообщество и экосистема?
2. Что называют экологической нишей?
3. Какую роль играет видовое разнообразие в устойчивости экосистемы?
4. Как называют формы животных, обитающих в разных ярусах водоёма?

Задания

1. Придумайте пример небольшой экосистемы и перечислите как можно больше видов, которые могут её населять. Опишите экологическую нишу для каждого из этих видов и докажите, что такая ниша существует в вашей экосистеме.
2. Используя дополнительные источники информации и знания, полученные на уроках биологии, составьте списки обитателей разных ярусов пресного и солёного водоёмов (не менее 10 объектов для каждого яруса). Представьте собранную информацию в виде таблицы.
3. Выполните исследование на тему «Моё жильё как пример экосистемы».

§ 39

ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЭКОСИСТЕМЫ И ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ

Комар один по рощице
Задумчиво летел,
А воробей близёхонько
На кустике сидел.

Воробышек был голоден,
Он мошку поджидал,
Погнался за комариком
И вмиг его поймал.

Высоко в поднебесии
Большой орёл летел,
На землю он посматривал
И крыльями шумел.

Орёл был очень голоден,
Он пташку увидал,
Погнался за воробышком
И вмиг его поймал.

Детская песенка

Одной из важнейших структур, характеризующих экосистему, является её **трофическая структура** (от греч. «трофе» — питание). Эта структура, во-первых, характеризует типы отношений между популяциями, а во-вторых, описывает миграцию и рассеивание энергии в экосистеме, т. е. переход её из свободной формы в связанную. Любая

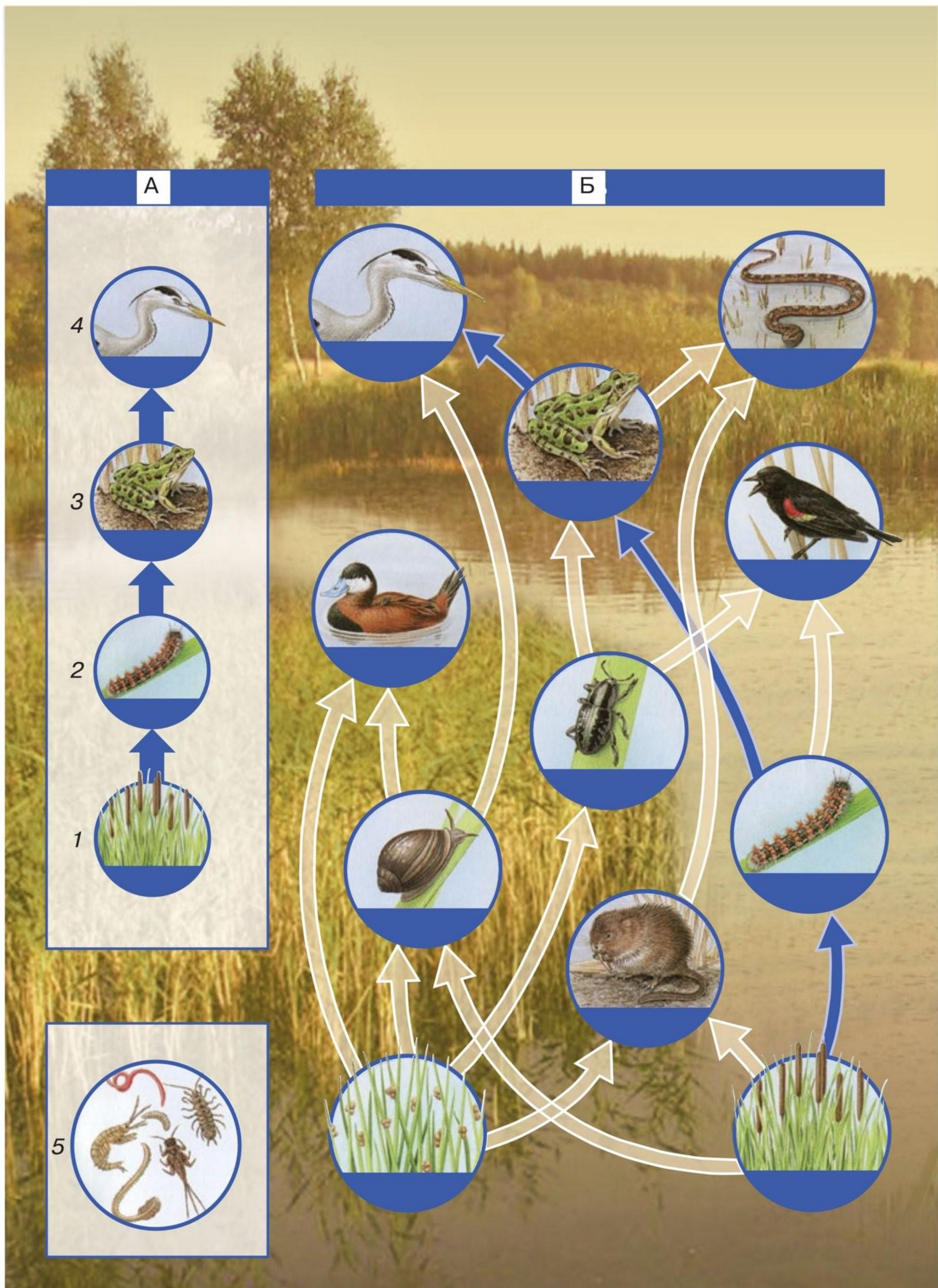


Рис. 123. Пищевая цепь (А) и пищевая сеть (Б): 1 — продуцент; 2 — консумент первого порядка; 3 — консумент второго порядка; 4 — консумент третьего порядка; 5 — редуцент

цепь образуют животные, питающиеся падалью, калоеды, а также бактерии и грибы, обитающие на мёртвых органических веществах. Эту группу организмов называют *редуцентами*, так как они замыкают трофический цикл, превращая органические вещества в неорганические, которые затем поглощаются из почвы растениями¹.

Экологические пирамиды. При переходе с одного трофического уровня на следующий значительная часть свободной энергии теряется, рассеиваясь в беспорядочное тепловое движение молекул или переходя в детритную цепь. Потери обычно достигают 80—90%. Правило, согласно которому количество энергии снижается при переносе на следующий трофический уровень, называют *правилом экологической пирамиды*. Построить такую пирамиду можно различными способами. Наиболее наглядной является *пирамида численности* (рис. 124). Если подсчитать, сколько травинок растёт на данном участке луга, сколько на нём обитает питающихся этой травой полёвок и сколько змей, поедающих этих полёвок, то уменьшение числа особей по мере



Рис. 124. Экологическая пирамида численности

¹ Дело в том, что растениям, помимо органических веществ, которые они делают сами в процессе фотосинтеза, требуются ещё и неорганические соединения, такие как соли калия, азота, магния, фосфора и др. Эти вещества растения потребляют из почвы, а так как они не способны поглощать органические соединения, то, для того чтобы быть использованными растениями, органические вещества предварительно должны быть разложены до минеральных. Это и делают редуценты.

перехода с уровня на уровень немедленно бросится в глаза. Но такая пирамида может оказаться и перевёрнутой. Допустим, что где-то на первом трофическом уровне растёт дуб. Он один, а посчитайте, сколько на нём кормится насекомых, червей и даже птиц. Таким образом, одному продуценту соответствует множество консументов.

Для того чтобы избежать этого недоразумения, используют так называемую *пирамиду биомассы*. Если удастся определить массу дуба и сравнить её с общей биомассой всех кормящихся на нём организмов, то пирамида будет восстановлена — первая биомасса окажется значительно больше второй. Пирамида биомассы редко бывает перевёрнутой, но иногда и такое случается. Поэтому правильнее всего рассматривать *пирамиду энергии*, где определяется, сколько именно свободной энергии передаётся с одного уровня на следующий. Такую пирамиду довольно трудно рассчитать, но зато она даёт самые правильные результаты.

Пищевые цепи не изолированы одна от другой. Пастбищные цепи постоянно переплетаются между собой и с детритными цепями. В приведённых нами примерах ничто не мешает птичке съесть муху, минуя паука и тем самым снизить свой трофический уровень, а заодно и уровень съевшей её затем хищной птицы. Человек в вышеприведённом примере был консументом четвёртого порядка, но ведь он может есть рыбу с картошкой, становясь при этом одновременно первичным консументом. Поэтому реально в экологических исследованиях говорят не о пищевых цепях, а о *пищевых сетях* (см. рис. 123). Например, типичный представитель детритной цепи — дождевой червь, который питается гниющими растениями, сам является излюбленной пищей многих животных и, будучи ими съеденным, передаёт своё вещество и энергию в пастбищную цепь, где она может циркулировать в течение достаточно долгого времени.

Помимо абсолютной биомассы всех составляющих экосистему организмов, учитывают также её ежегодный прирост, который называют *продуктивностью экосистемы*. При этом прирост биомассы продуцентов называют первичной, а биомассы консументов — вторичной продукцией экосистемы. Различные экосистемы, естественно, обладают разной продуктивностью. Например, продуктивность тропического леса во много раз превышает продуктивность тайги, а та, в свою очередь, продуктивность тундры или пустыни. Наблюдая за изменением продуктивности экосистемы в течение нескольких лет, можно оценить перспективу её развития или, наоборот, деградации.

Проверьте свои знания

1. Каким образом продуценты поставляют энергию в экосистему?
2. Что такое пастбищные и детритные цепи? Приведите примеры цепей, состоящих из 3—5 звеньев.

3. Что учитывают пирамиды численности, биомассы и энергии?
4. Приведите примеры возвращения вещества из детритной цепи в пастбищную.
5. Чем различаются первичная и вторичная продуктивность экосистемы?

Задания

1. Определите, консументом каких порядков может быть орёл из эпиграфа, если предположить, что комар питался кровью лисицы. Учтите, что лисы могут питаться как травоядными мышами, так и хищными землеройками.
2. Подумайте, какой из трёх типов организмов (продуценты, консументы, редуценты) может отсутствовать в экосистеме. Объясните свой выбор.
3. Изобразите схематично взаимоотношения нескольких пищевых цепей, образующих вместе пищевую сеть.
4. Разработайте экскурсионный маршрут, позволяющий продемонстрировать видовую, пространственную и трофическую структуры типичной экосистемы вашего региона (групповой проект).

§ 40

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ В ЭКОСИСТЕМЕ

Пришёл медведь и стучится:

— Чей домик-теремок? Кто в тереме живёт?

— Я, муха-горюха.

— Я, комар-пискун.

— Я, мышка-погрызуха.

— Я, лягушка-квакушка.

— Я, зайчонок-кривоног, по горке скок.

— Я, лиса — при беседе краса.

— Я, волк-волчище — из-за куста хватыш. А ты кто?

— Я вам всем пригнётыш.

Теремок. Русская сказка

Как вам уже известно, любую, даже самую маленькую территорию наземной, водной или воздушной среды населяет множество организмов, относящихся к разным видам, т. е. множество популяций. Все эти популяции вступают между собой в тесные отношения, которые могут носить самый различный характер. Все виды взаимоотношений между популяциями называют, как вы уже знаете, биотическими экологи-

ческими факторами. Теоретически два вида могут не оказывать друг на друга никакого влияния. Такой тип взаимодействия называют *нейтрализмом*. Однако на самом деле нейтрализм в природе встречается крайне редко, между видами всегда существуют если не непосредственные, то косвенные связи, которые иногда трудно наблюдать из-за недостатка имеющихся у нас знаний.

Обычно один из видов оказывает на другой либо положительное, либо отрицательное влияние. В ответ второй вид влияет на первый либо положительно, либо отрицательно, либо вообще не оказывает на него никакого влияния, т. е. в целом безразличен к его существованию. Рассмотрим последовательно все возможные типы отношений между видами.

Полезно-нейтральные отношения. Взаимоотношения, при которых один вид получает какую-либо выгоду от контакта с другим, в то время как второй не получает при этом ни вреда, ни пользы, называют *комменсализмом*. Комменсалы удовлетворяют свои потребности самыми различными способами. Одним из видов комменсализма является *нахлебничество*, когда более слабый вид следит за охотой более сильного, а затем подбирает то, что осталось после его обеда. Так, гиены и шакалы следуют за львами, а рыбы-прилипалы — за акулами. Другой пример комменсализма — *квартирантство*, когда один вид использует жилище или даже тело другого организма для своего обитания и защиты (рис. 125). Так, мальки многих рыб прячутся между щупалец медузы, многие мелкие животные поселяются в норах или гнёздах более крупных и защищённых. Интересен слу-



Рис. 125. Рыба-клоун прячется между щупальцами актинии, стрекательные клетки которой защищают её от врагов

чай квартирантства у небольшой рыбки — горчака, который откладывает икру в мантию моллюска, что этому моллюску не причиняет никакого вреда.

Взаимополезные отношения. Существует много примеров взаимопомощи, т. е. обоюдно полезного сотрудничества между различными видами. Такие отношения называются *мутуализмом*. Они различаются теснотой связи и степенью необходимости для обоих видов. Примерами мутуализма являются опыление растений животными, которые при этом питаются нектаром, распространение семян растений поедающими их птицами, питание некоторых мелких птиц па-

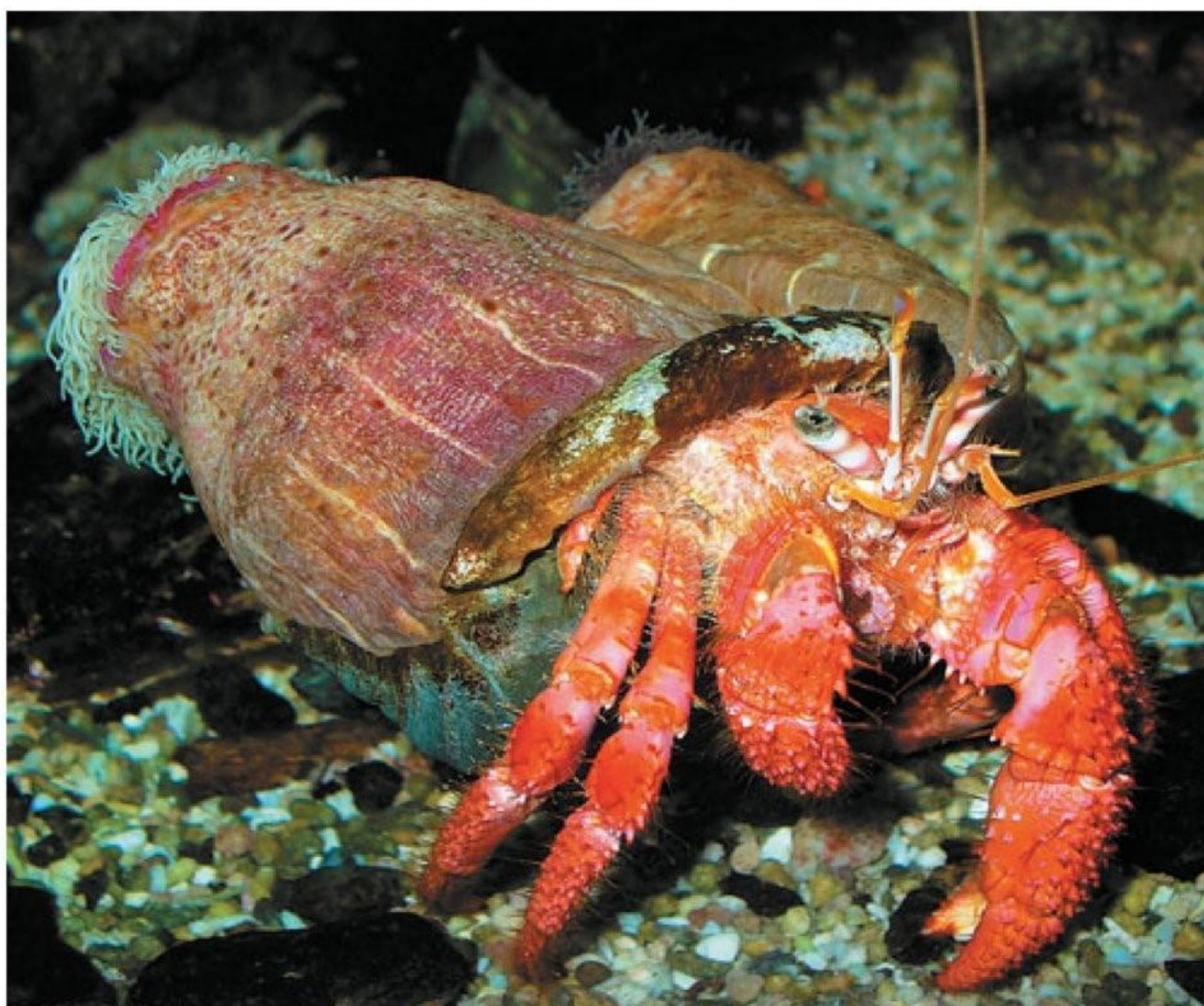


Рис. 126. Рак-отшельник и актиния

разитами, обитающими на теле носорога, взаимоотношения рака-отшельника и актинии и др. (рис. 126, 127).

Самая тесная форма мутуализма — *симбиоз* (рис. 128). В некоторых случаях симбиотические виды просто не способны существовать друг без друга. Почему, например, шампиньоны можно выращивать в питомниках в течение всего года, а подосиновики или белые грибы — только собирать летом в лесу? Потому что лесные грибы не могут существовать без микоризы — симбиоза грибницы с корнями деревьев. Гифы гриба глубоко проникают в корни деревьев и снабжают его водой и минеральными веществами, получая взамен органические соединения. Существуют особые комплексные организмы — лишайники, которые представляют собой тесное сожительство водорослей, грибов и бактерий. В кишечнике человека обитает кишечная палочка — бакте-



Рис. 127. Клюв колибри приспособлен к опылению цветков только определённых видов орхидей



Рис. 128. Симбиоз клубеньковых бактерий с бобовыми растениями позволяет последним селиться на почвах, бедных азотом. Бактерии, живущие на корнях, усваивают атмосферный азот, включая его в состав органических соединений, и снабжают этими соединениями своего симбионта

рия, которая является нашим обязательным симбионтом и без которой невозможно нормальное пищеварение. Ещё более важное значение имеют бактерии-симбионты для травоядных животных, которые питаются только клетчаткой.

Вредно-полезные взаимоотношения. Отношения, при которых один вид наносит вред другому, получая при этом преимущества, называют *хищничеством* или *паразитизмом*. Различие между этими двумя видами взаимодействия заключается в том, что хищник сразу убивает и поедает свою жертву, а паразит оставляет её живой, по крайней мере, в течение какого-то времени. Обычно хищничество требует хорошо развитой нервной системы и сложного поведения. Однако к хищникам причисляют и собирателей, поедающих неподвижную или почти неподвижную добычу с земли или с растений. Хищниками можно считать и травоядных животных, которые тоже уничтожают и съедают целые организмы, пусть и растительные.

Паразитов подразделяют на эндопаразитов, живущих внутри тела хозяина (бактерии, вирусы, паразитические черви), и эктопаразитов, атакующих его извне (комары, блохи, вши). Как правило, паразиты доставляют своему хозяину жизненные неудобства, но не убивают его. Исключение составляют некоторые бактерии и вирусы, вызывающие болезни со смертельным исходом. Следует помнить, что переносчиками таких эндопаразитов могут служить некоторые эктопаразиты.

Так, например, блохи переносят чуму, вши — сыпной тиф, клещи — энцефалит.

Взаимовредные отношения. Часто обитающим в пределах одной экосистемы популяциям требуются сходные условия обитания, места для укрытия и размножения и пища. Мы говорили о том, что в одной экологической нише может обитать только одна популяция, но иногда эти ниши оказываются достаточно близкими, и тогда между популяциями возникают отношения, называемые *конкуренцией*.

Конкуренция может возникать не только между видами, но и между отдельными особями в пределах одной популяции, так называемая внутривидовая борьба (рис. 129). Такую наиболее интенсивную конкуренцию Чарлз Дарвин считал одной из главных причин борьбы за су-

ществование и естественного отбора. Ведь особям одного вида требуются одни и те же ресурсы, и в условиях, когда они ограничены, возникает конкурентная борьба за пищу, укрытие, полового партнёра и т. п.

Напряжённость межвидовой конкуренции может быть различной — от жёсткой борьбы до почти незаметного мирного сосуществования, но в конечном счёте один из конкурирующих видов практически всегда вытесняет другой. Межвидовую конкуренцию подробно изучал русский биолог Г. Ф. Гаузе. В одном из его опытов два вида инфузорий со сходным типом питания помещали по отдельности или совместно в сосуд с питательной средой. При раздельном содержании каждый вид успешно размножался, достигая максимально возможной численности. Если же оба вида содержали в одном сосуде, то численность одного из них постоянно уменьшалась вплоть до полного исчезновения. Таким образом, межвидовая конкуренция может привести к одному из двух последствий: либо один, более слабый вид будет вытеснен и исчезнет, либо ему придётся изменить свой образ жизни для того, чтобы занять более отдалённую экологическую нишу.



Рис. 129. Межвидовая (А) и внутривидовая (Б) конкуренция



Проверьте свои знания

1. Перечислите виды мутуализма и приведите примеры.
2. В чём заключается сходство и различие хищничества и паразитизма?
3. Какой вред может принести паразит хозяину?
4. Что может быть итогом межвидовой конкуренции?
5. Почему бесконтрольный приём антибиотиков серьёзно нарушает работу пищеварительной системы?
6. Как вы считаете, существуют ли вредно-нейтральные отношения? Если да, то приведите пример подобного взаимодействия. Если нет, объясните, почему, с вашей точки зрения, эти отношения невозможны.

Задания

1. Рассмотрите рисунок 126. Какой тип взаимоотношений изображён на этом рисунке? Докажите свою точку зрения.
2. Сведите в общую таблицу все виды взаимоотношений организмов, описанные в параграфе, используя символы «+», «-», «0».

§ 41

УСТОЙЧИВОСТЬ И СМЕНА СООБЩЕСТВ

...Плакала Саша, как лес вырубали,
 Ей и теперь его жалко до слёз.
 Сколько тут было кудрявых берёз!
 Там из-за старой, нахмуренной ели
 Красные грозды калины глядели,
 Там поднимался дубок молодой.
 Птицы царили в вершине лесной,
 Понизу всякие звери таились.
 Вдруг мужики с топорами явились —
 Лес зазвенел, застонал, затрещал.
 Заяц послушал — и вон побежал,
 В тёмную нору забила лисица,
 Машет крылом осторожнее птица,
 В недоуменьи тащат муравьи
 Что ни попало в жилища свои.
 С песнями труд человека спорился:
 Словно подкошен, осинник валился,

С треском ломали сухой березняк,
Корчили с корнем упорный дубняк,
Старую сосну сперва подрубали,
После арканом её нагибали
И, поваливши, плясали на ней,
Чтобы к земле прилегла поплотней...

Н. А. Некрасов. Саша

Как уже было сказано, природные экосистемы в относительно неизменных условиях обладают высокой устойчивостью и часто сохраняют основы своей структуры в течение веков. Степень устойчивости тесно связана с видовым разнообразием системы, так как в случае гибели или угнетения одних видов их место могут занять другие, имеющие близкие экологические ниши. Это компенсирует нарушенные цепи питания и вернёт систему в практически первоначальное состояние. Устойчивость экосистемы обеспечивается огромным числом существующих в ней прямых и обратных связей, о чём вам уже известно.

Однако нередки случаи, когда экосистема может резко измениться или вовсе прекратить своё существование. Это случается при резких изменениях климата, стихийных бедствиях, таких как пожары, извержение вулканов или затопление земель. В последнее время такие явления вызваны чаще всего антропогенными воздействиями: вырубкой лесов, осушением болот и водоёмов, прокладкой автомобильных трасс и пр. В этих случаях на месте исчезнувшей старой экосистемы начинает развиваться новая. Последовательную закономерную смену сообществ на определённом участке среды во времени называют **сукцессией**. При этом определяющими являются растительные сообщества, которые впоследствии заселяются животными. Как правило, в итоге образуется устойчивое сообщество, которое называют **климаксовым**.

Различают первичные и вторичные сукцессии. В первом случае новые экосистемы образуются на субстрате, где отсутствует органическое вещество, например, после сильного пожара или извержения вулкана. Вторичные сукцессии развиваются при участии сохранившихся живых организмов.

Типичный пример **первичной сукцессии** — обрастание голой скалы (рис. 130). На камне в первую очередь поселяются лишайники — самые неприхотливые живые существа, некоторые бактерии, а за ними и мхи. Лишайники и мхи улавливают мелкие песчинки и камешки, приносимые ветром и водой, и образуют почву, подходящую для поселения семенных растений. Эти растения, будучи более крупными, раскалывают горную породу своими корнями и увеличивают объём почвы. В почве появляются гниющие листья семенных растений, которые мешают жизнедеятельности мхов и лишайников. Сообщества мхов постепенно исчезают.



Рис. 130. Первичная сукцессия

Биоценозы, образующиеся в начале сукцессии, называют *пионерными*. Их состав зависит от температуры, силы и направления ветра, степени заливания водой, а также от того, какие растения произрастают поблизости. Часто такие сообщества состоят всего из одного вида растений. Затем ситуация меняется: появляются растения, семена которых имеют более продолжительный период прорастания, они, в свою очередь, меняют состав почвы и потребление воды. Пионерные сообщества сменяются простыми группировками, те — сложными и, наконец, образуются устойчивые климаксовые сообщества. В ходе сукцессии постепенно увеличивается число видов в сообществе и усложняются их межвидовые отношения. Молодые сообщества характеризуются низким содержанием органического вещества, небольшими размерами организмов, малым количеством симбиотических связей и почти полным отсутствием пространственной структуры.

Вторичная сукцессия обычно протекает быстрее первичной, поскольку на территории сохраняется некоторое количество организмов, которые могут служить «посредниками» между новым сообществом и окружающей средой (рис. 131). Типичным примером вторичной сукцессии может служить смена лиственного леса хвойным. На вырубках первыми появляются светолюбивые и быстрорастущие лиственные кустарники и деревья, которые вскоре образуют лиственное мелколесье. Затем под кронами лиственных деревьев появляются небольшие ёлочки, которые растут медленно, но не требуют большого количества света. Через несколько лет ели перерастают лиственные деревья и затемняют их своими кронами, в результате чего те погибают из-за недостатка освещения. Лиственный лес сменяется ельником, который уже представляет собой климаксовое сообщество и может существовать на протяжении очень длительного периода времени. Нарушить такое сообщество может только резкое изменение климата или деятельность человека. Деревья климаксовых хвойных лесов часто образуют такие плотные и тесно соприкасающиеся кро-



Рис. 131. Заращение покинутого сельскохозяйственного участка — пример вторичной сукцессии

ны, что под ними не остаётся освещения, достаточного для развития других видов растений. Так, по мере сукцессии елового леса образуется сначала ельник-черничник, затем ельник-зеленомошник, где под кронами способны выжить только неприхотливые мхи, и, наконец, чистый ельник, почва которого покрыта толстым слоем осыпавшейся хвои, что в сочетании с низкой освещённостью не позволяет селиться там никаким растениям.

Полный процесс сукцессии от пионерных до климаксовых сообществ обычно занимает десятилетия и даже века, но иногда может протекать на протяжении жизни одного поколения.

Проверьте свои знания

1. Чем различаются первичные и вторичные сукцессии?
2. Какие особенности характеризуют сообщества, находящиеся на ранних стадиях сукцессии?
3. Почему в процессе сукцессии лиственные леса сменяются хвойными?
4. Приходилось ли вам наблюдать сукцессионные изменения? Чем они были вызваны и к какому типу относились?

Задания

1. Проведите исследование. Если у вас есть небольшое свободное место на дачном или приусадебном участке подальше от деревьев, разожгите на нём костёр площадью 0,5—1 м², дайте ему хорошо прогореть. Огородите кострище и в течение возможно более длительного

срока наблюдайте, какие растения будут прорасти на этом месте. Определите их видовую принадлежность. Сравните видовой состав этого участка с видовым составом растений окружающей территории.

- Используя дополнительные источники информации, расскажите об этапах зарастания водоёма. Попробуйте объяснить, почему зарастание водоёма относят к первичной сукцессии.

§ 42

БИОСФЕРА

Освежив горячее тело
 Благовонной ночью тьмой,
 Вновь берётся земля за дело,
 Непонятное ей самой.
 Наливает зелёным соком
 Детски-нежные стебли трав
 И багряным, дивно-высоким,
 Благородное сердце льва.
 И, всегда желая иного,
 На голодный жаркий песок
 Проливает снова и снова
 И зелёный, и красный сок.
 С сотворения мира стократы,
 Умирая, менялся прах,
 Этот камень рычал когда-то,
 Этот плющ парил в облаках.
 Умирая и воскресая,
 Набухать вселенской душой,
 В этом воля земли святая,
 Непонятная ей самой.

*Н. С. Гумилёв.
 Поэма начала*

Состав и строение биосферы. В строении Земли можно выделить несколько оболочек. Наружную называют *атмосферой*, она состоит из смеси газов, в основном азота и кислорода. Две трети земного шара покрыто водой, которая составляет *гидросферу*, а оставшаяся треть и всё, что находится под водой, является твёрдым веществом и называется *литосферой*. О происхождении этих оболочек в Библии сказано так: «*И создал Бог твердь; и отделил воду, которая под твердью, от воды, которая над твердью. И стало так. ...И сказал Бог: да соберётся вода, которая под небом, в одно место, и да явится суша. И стало так.*».

Но творение на этом не закончилось: земля ещё не была настоящей Землёй. Поэтому: *«И сказал Бог: да произрастит земля зелень, траву, сеющую семя, дерево плодовитое, приносящее по роду своему плод, в котором семя его на земле. И стало так. ...И сказал Бог: да произведёт земля душу живую по роду её, скотов, и гадов, и зверей земных по роду их. И стало так».*

Так, согласно Библии, была создана ещё одна оболочка — **биосфера**. Впервые о наружной оболочке Земли, представляющей собой «область жизни», говорил ещё Ламарк. Термин же «биосфера» ввёл Э. Зюсс в 1875 г. в книге «Лик Земли». Но главная заслуга в развитии целостного представления о биосфере принадлежит выдающемуся русскому учёному Владимиру Ивановичу Вернадскому (1863—1945) (рис. 132).

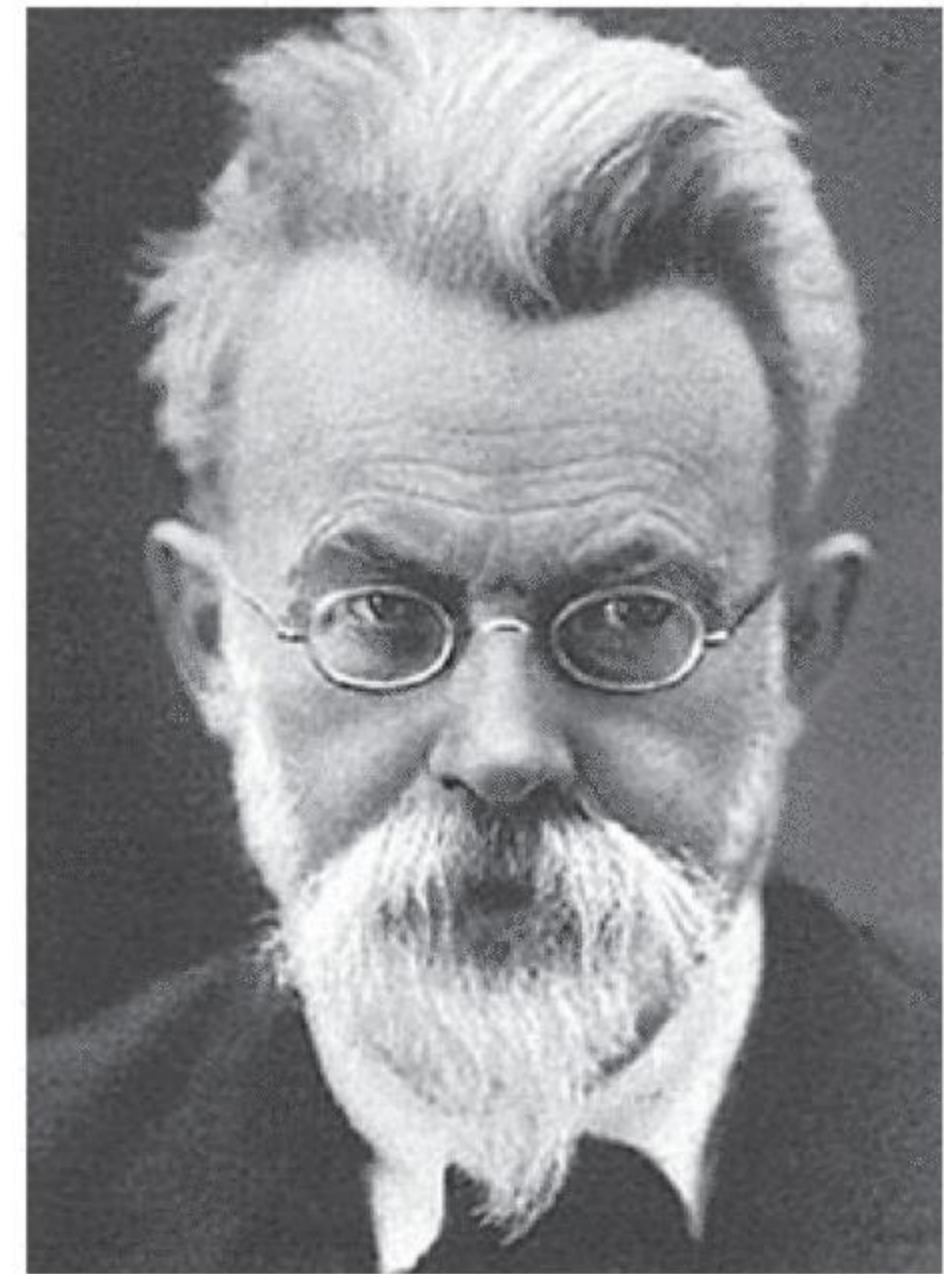


Рис. 132.
В. И. Вернадский

Вернадский не был биологом по специальности, он был кристаллографом, минералогом и геохимиком. Его докторская диссертация называлась «Явления скольжения кристаллического вещества» и, как легко понять, не имела к биосфере никакого отношения. Но в 1926 г. появилась его книга «Биосфера». Вернадский рассуждал как химик: он не вдавался в вопросы строения живых организмов, их многообразия и вообще всего того, что интересует биологов. Он говорил о биосфере с точки зрения геохимика.

Верхняя граница биосферы находится на высоте примерно 20 км над земной поверхностью, а нижняя — на глубине 2—3 км под поверхностью суши и на 1—2 км под дном океана. В других частях земного шара жизнь отсутствует. Если учесть, что радиус Земли равен почти 6400 км, то можно убедиться в том, что биосфера, толщина которой не превышает 25 км, представляет собой очень тонкую плёнку на поверхности Земли. Вернадский обращал внимание на то, что биосфера — это не только область обитания живых существ, она своеобразна и по своему химическому составу. Биосфера состоит из семи разных типов веществ.

- **Живое вещество**, которое является совокупностью всех живых организмов.

- **Биогенное вещество**, образованное в результате жизнедеятельности организмов. К нему относятся нефть, природный газ, каменный уголь, торф, осадочные породы (рис. 133) и, самое главное, кислород атмосферы.

- **Косное вещество**, в образовании которого живые организмы участия не принимают (магматические породы).

- **Биокосное вещество** создаётся одновременно живыми организмами и процессами неживой природы. К этому типу вещества относят-

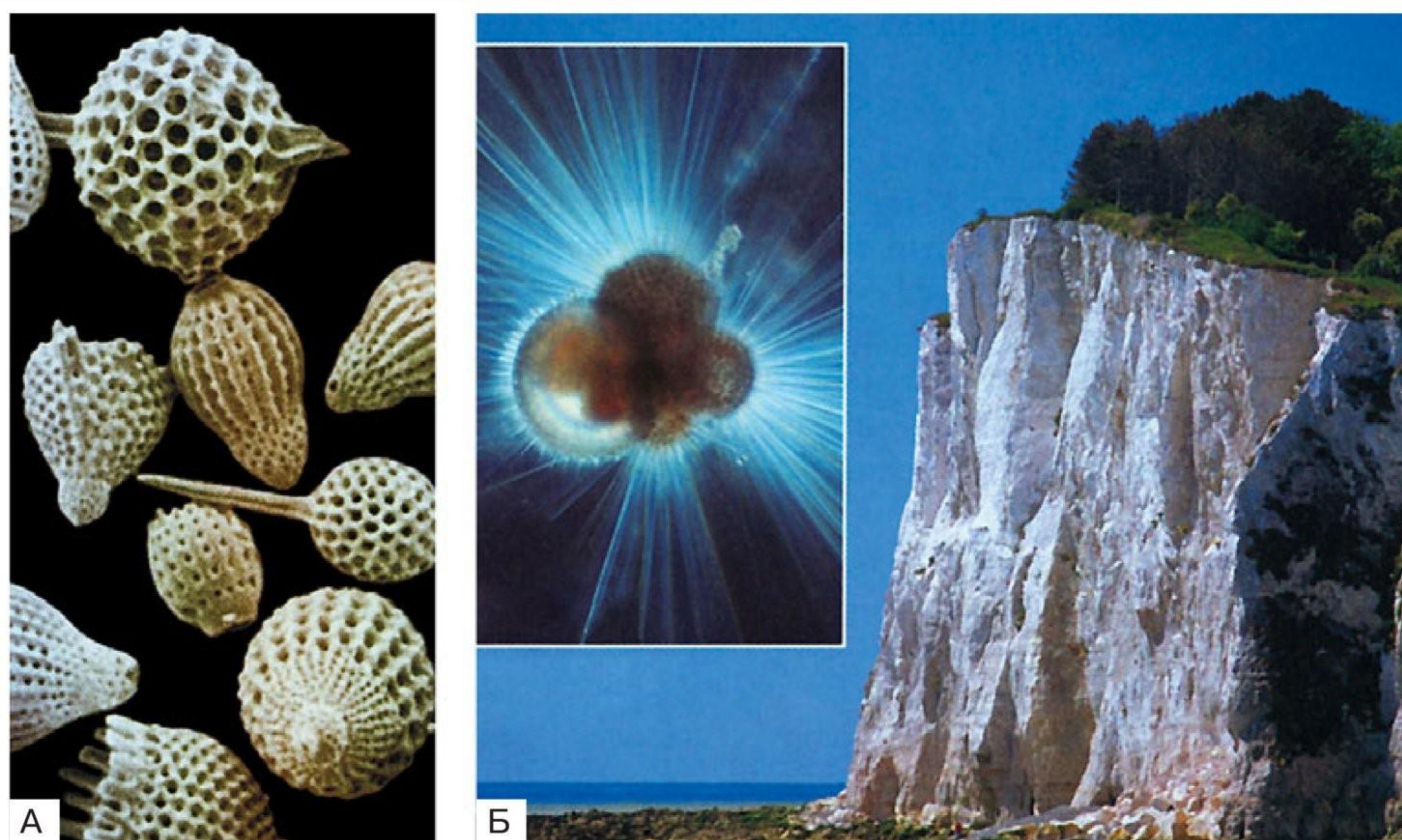


Рис. 133. Раковины одноклеточных организмов под сканирующим электронным микроскопом (А). Скелеты мелких планктонных водорослей и раковиннок морских простейших сложились в гигантские толщи известковых пород (Б)

ся почти вся вода биосферы, а также почва и ил. Это сложные динамические системы, в которых живые организмы играют ведущую роль.

- Остальные три части представляют собой вещества, находящиеся в состоянии радиоактивного распада, рассеянные атомы и вещества космического происхождения, приходящие на Землю от Солнца и более далёких космических тел.

Роль живого вещества в биосфере. Биосферу можно рассматривать как огромную, охватывающую весь земной шар единую экосистему. В отличие от обычных экосистем, она обменивается с окружающей средой (внеземным пространством) только энергией, но не веществом. Отдельные метеориты и космическая пыль принципиальной роли в жизни биосферы не играют. Во всём остальном она вполне схожа с описанными выше экосистемами: в ней существуют продуценты, превращающие солнечную энергию в энергию химической связи органических веществ, консументы, использующие энергию этих связей для своей жизнедеятельности, и редуценты, вновь превращающие органические соединения в неорганические.

Живое вещество составляет ничтожную часть общей массы биосферы, примерно одну миллионную. Однако оно является мощнейшим геологическим фактором, ведущей силой развития нашей планеты. С его помощью происходит постоянный круговорот вещества и энергии, их биогеохимические циклы, в ходе которых большинство химических элементов множество раз проходит через живые организмы. Вернадский

подчёркивал, что живое вещество выполняет планетную, т. е. космическую, функцию и является на Земле реальной геологической силой.

Живое вещество выполняет в биосфере несколько функций, в результате чего «лик Земли» претерпевает принципиальные изменения. Одной из таких функций является *газовая*. Почти все газы, присутствующие в свободном виде в атмосфере и в связанном — в литосфере и гидросфере, имеют биогенное происхождение. Достаточно вспомнить, что практически весь кислород в атмосфере был создан автотрофными растениями в процессе фотоллиза воды. Другой главный газ атмосферы — азот выделяется в результате жизнедеятельности подземных живых организмов или бактерий, обитающих на поверхности океана.

Вторая функция живого вещества — *окислительно-восстановительная*. Ферменты, находящиеся в живых организмах, способны окислять и восстанавливать многие химические элементы. Такие окислительно-восстановительные реакции были бы невозможны без участия живого вещества.

Третьей функцией живого вещества в биосфере является *концентрационная*. Представьте себе, что на нашей планете появился наблюдатель, хорошо знающий физику и химию, но не имеющий понятия о существовании живых организмов (его разум развился на какой-то другой основе). Он обследует поверхность Земли и выяснит, что в одних её местах (каменноугольные бассейны) вдруг обнаруживаются огромные скопления углерода, в других — кальция (залежи известняка), в третьих — кремния и т. д. Он не сможет этого объяснить, потому что знает, что чем больше случайные отклонения от равномерного распределения любых веществ, тем они маловероятнее. Если такие отклонения, называемые флуктуациями, где-то по воле случая и возникнут, то довольно быстро должны сгладиться. Это произойдёт из-за того, что вещества должны двигаться по градиентам концентраций, т. е. перемещаться из того места, где их много, туда, где их меньше, и, значит, через какое-то время они распределятся по поверхности планеты равномерно. Этого требует второе начало термодинамики.

Так и было бы, если бы не существовало живого вещества. Но на Земле есть жизнь, и поэтому законы физики, по крайней мере с точки зрения непосвящённого наблюдателя, оказываются нарушенными. Вещества движутся против градиентов! Предположим, что в океане живёт какой-то вид организмов, накапливающих кремний. Допустим также, что этот вид предпочитает жить при определённой средней температуре, избегая слишком тёплых и слишком холодных мест. Тогда в тех местах океана, где держится соответствующая температура, окажутся огромные скопления кремния, тогда как даже на небольшом расстоянии, где проходит более холодное или более тёплое течение, кремния будет значительно меньше. С точки зрения физики это объяснить нельзя: кремнию всё равно, при какой температуре существовать, его перемещение с температурой не связано. Значит, скопления кремния никак не объясняются физическими законами (хотя и не противоречат им). Их создали живые организмы, способные накапливать

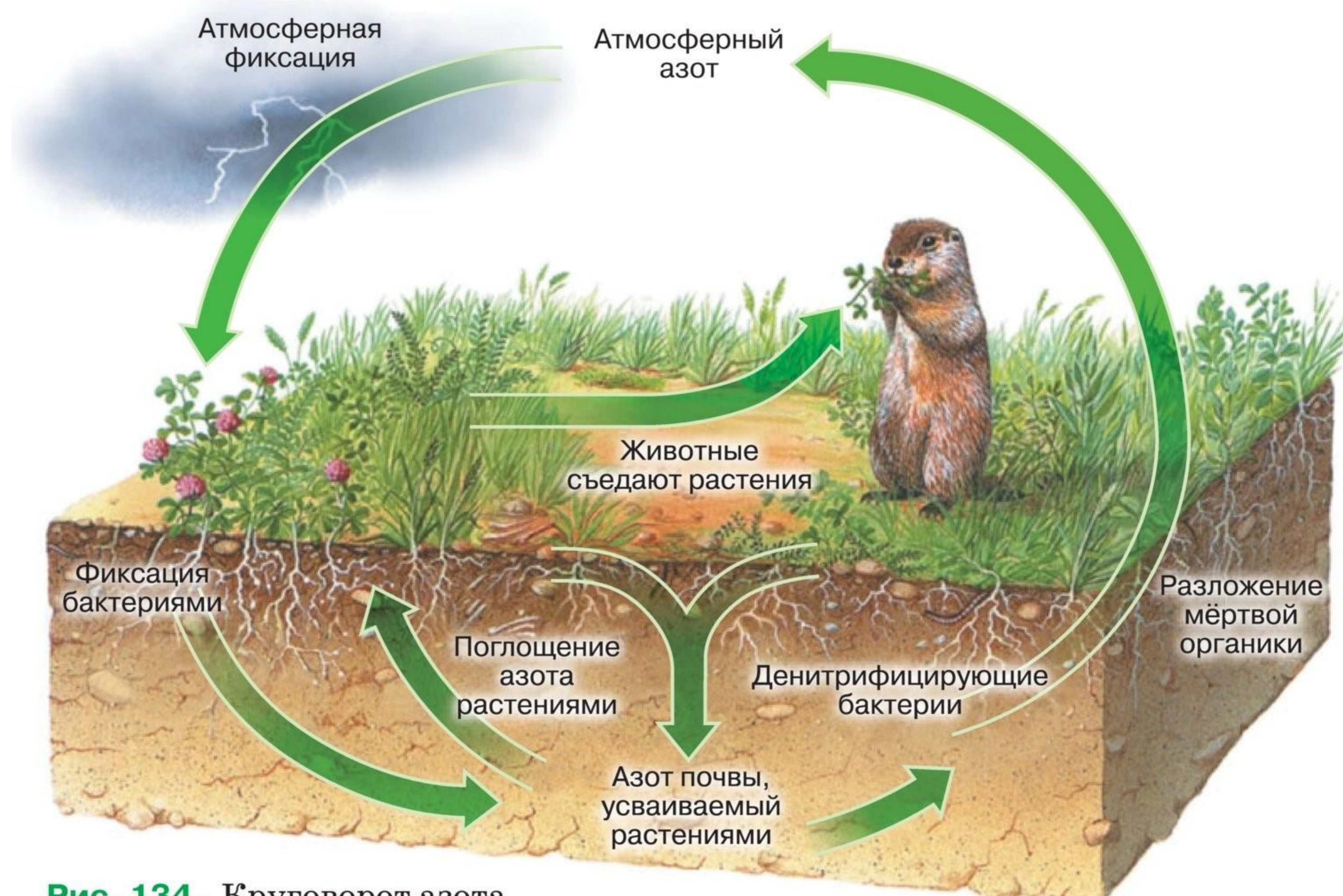


Рис. 134. Круговорот азота

этот элемент, забирая его из морской воды, хотя его концентрация там значительно меньше, чем в самом организме.

Очень важной функцией живого вещества в биосфере является **биогенная миграция атомов**, т. е. постоянный круговорот веществ и элементов. Рассмотрим азот, который, хотя и присутствует в атмосфере в значительном количестве, является довольно инертным элементом и в химические реакции вступает неохотно (рис. 134). Если бы на Земле не было жизни, он так бы и «вита́л в облаках». Однако благодаря существованию азотфиксирующих бактерий и их ферментов он превращается в химические соединения, которые усваиваются растениями, а затем и животными, мигрируют по огромным пространствам, а потом, благодаря деятельности уже других бактерий, превращаются в свободный азот и уходят в атмосферу. Точно так же происходит миграция углерода, который составляет основу органических веществ, и кислорода, который постоянно поглощается в результате дыхания и вновь возвращается в атмосферу благодаря фотосинтезу (рис. 135).

Проверьте свои знания

1. Каковы размеры биосферы?
2. Объясните, почему верхняя граница биосферы проходит именно на высоте 20 км.

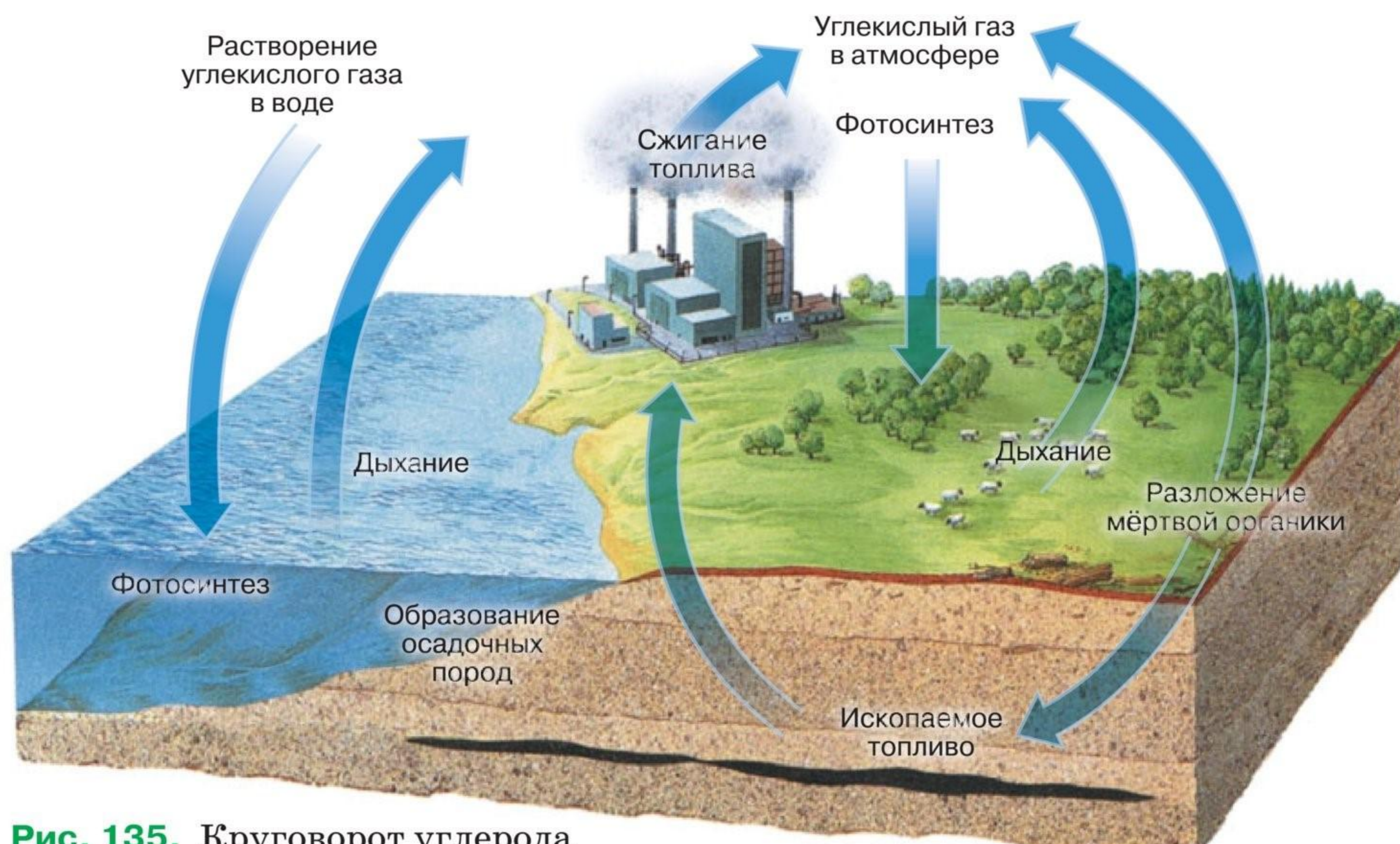


Рис. 135. Круговорот углерода

3. Какие виды вещества выделял В. И. Вернадский в биосфере? Приведите примеры, относящиеся к основным четырём типам веществ.
4. Назовите основные функции живого вещества в биосфере. В чём они заключаются?

Задания

1. Рассмотрите рисунок 135. Расскажите о круговороте углерода и о роли живых организмов в этом процессе.
2. Используя дополнительные источники информации, сделайте стендовый доклад о круговороте серы в природе.

Ваша будущая профессия

1. Объясните, почему учение о биосфере было создано не биологом, а специалистом в других областях естественных наук.
2. Вспомните, кто были по специальности Г. Мендель, Ж. Б. Ламарк, Ч. Дарвин. Почему создатели крупных естественно-научных теорий не были узкими специалистами в одной конкретной области?
3. Выясните, какие новые профессии возникли в связи с экологизацией всей системы научных знаний.