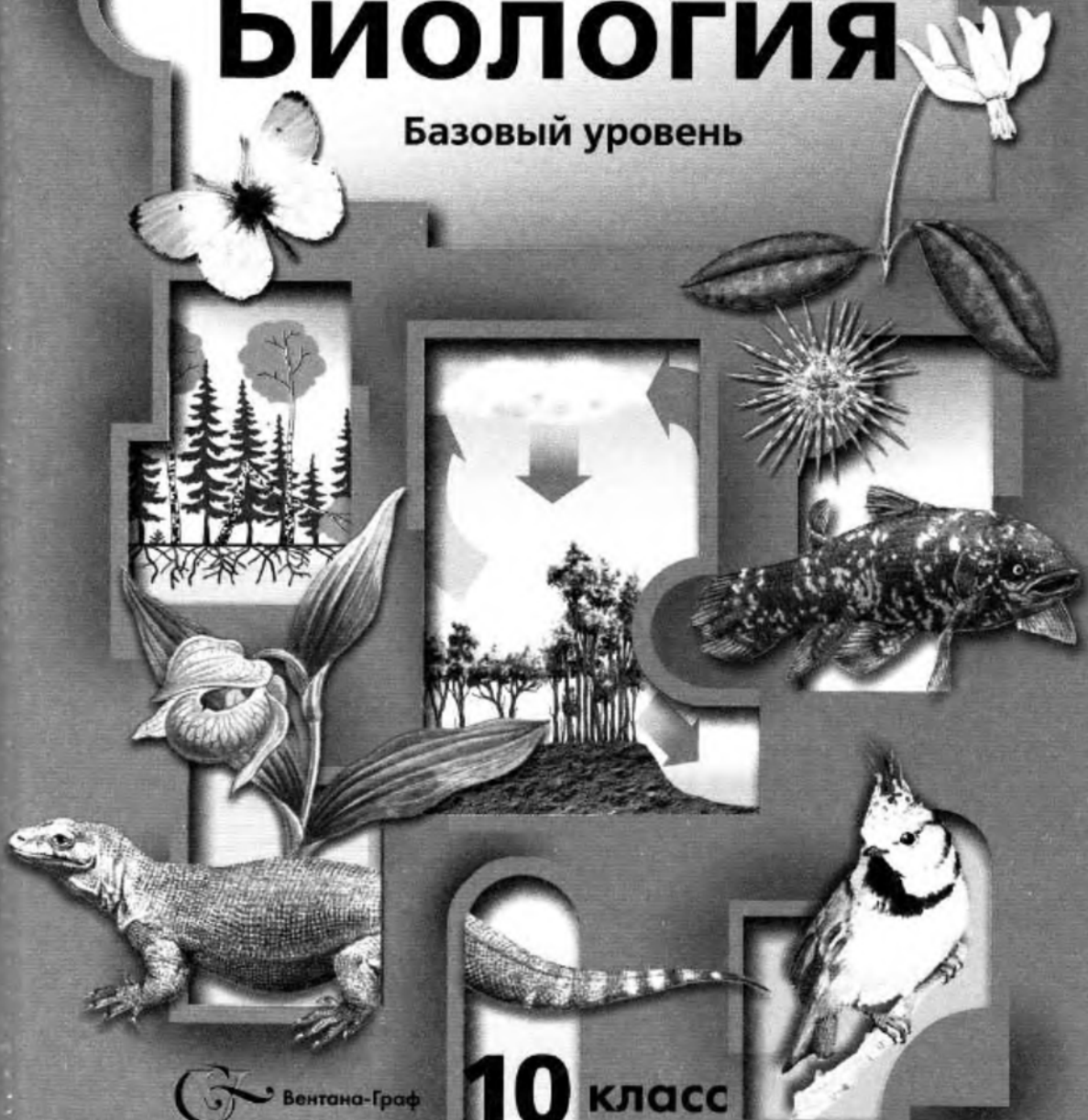



И.Н. Пономарёва
О.А. Корнилова
Т.Е. Лоцилина

БИОЛОГИЯ

Базовый уровень



 Вентана-Граф

10 класс

ББК 28.0я72

П41

Учебник включён в федеральный перечень

Пономарёва И.Н.

П41 Биология : 10 класс : базовый уровень : учебник для учащихся общеобразовательных учреждений / И.Н. Пономарёва, О.А. Корнилова, Т.Е. Лоцилина ; под ред. проф. И.Н. Пономарёвой. – 2-е изд., перераб. – М. : Вентана-Граф, 2010. – 224 с. : ил.

ISBN 978-5-360-02111-7

Учебный курс общей биологии, представленный в данном учебнике, раскрывается на основе знаний, полученных учащимися в предшествующих классах, и является логическим продолжением курса 9 класса, посвящённого основам общей биологии. Свойства живой материи рассматриваются на разных уровнях её организации; в курсе 10 класса представлены три из них, начиная с высшего: биосферный, биогеоценотический и популяционно-видовой.

Изложение основ различных биологических наук осуществляется в интегрированном виде, что способствует обобщению ранее изученных знаний и пониманию биологического смысла общих закономерностей жизни.

Учебный материал разделён на два образовательных компонента: обязательный (при изучении предмета 1 час в неделю) и дополнительный (при изучении предмета 2 часа в неделю). Познавательный материал (не обязательный для изучения) выделен шрифтом, отличным от основного.

Соответствует федеральному компоненту государственных образовательных стандартов среднего (полного) общего образования (2004 г.).

ББК 28.0я72

Условные обозначения



Материал для базового уровня



Материал, который может быть использован как дополнительный



Материал, на который следует обратить особое внимание

© Пономарёва И.Н., Корнилова О.А., Лоцилина Т.Е., 2002

© Издательский центр «Вентана-Граф», 2002

© Пономарёва И.Н., Корнилова О.А., Лоцилина Т.Е., 2007, с изменениями

© Издательский центр «Вентана-Граф», 2007, с изменениями

ISBN 978-5-360-02111-7

Глава 1

Введение в курс общей биологии

Изучив материал главы, вы сумеете охарактеризовать:

- содержание и построение курса общей биологии;
- основные свойства живой материи;
- понятия «биосистема» и «структурные уровни организации жизни».

Для изучения содержания этой главы вспомните материал курса биологии 9 класса (раздел «Введение»).

§ 1

Содержание и структура курса общей биологии

Биология — наука о жизни. Термин «биология» (греч. *bios* — «жизнь»; *logos* — «наука») ввел в науку французский ученый-эволюционист Ж.Б. Ламарк в 1802 г. Однако становление самой науки началось гораздо раньше. Сведения биологического характера можно обнаружить в религиозных трактатах, трудах философов и натуралистов Древнего мира.

Живое всегда интересовало человека. Людям необходимо было знать, какие организмы можно употреблять в пищу, из чего можно изготовить одежду, построить жилье, получить лекарственные средства и т. д.

Долгие годы биология ограничивалась наблюдением, изучением, описанием и классификацией представителей животного и растительного мира, т. е. являлась описательной наукой. Это был период *естественной истории*.

По мере накопления фактического материала биология разделилась на несколько исследовательских областей. Строение и жизнедеятельность растений стала изучать ботаника, сведения о животных собирались и систематизировались зоологией, о бактериях — микробиологией. Индивидуальные и общие свойства живых организмов, их многообразие и взаимодействие с окружающей средой, законы развития жизни на Земле исследовались разными областями биологии. Современная биология состоит из целого ряда взаимосвязанных специализированных наук: ботаники, зоологии, анатомии, морфологии, физиологии, генетики, экологии и др. Современная биология опирается на достижения других естественных наук — физики,



Жан Батист Пьер Ламарк (1744–1829). Французский естествоиспытатель, изучал медицину, зоологию, ботанику, палеонтологию. Предложил термин «биология» и создал теорию развития живой природы

химии, математики. В результате интеграции этих наук выделились пограничные области биологии, изучающие физико-химические и молекулярные основы живого: биофизика, биохимия, молекулярная биология и др. Для изучения основных и общих биологических понятий в школе был создан специальный учебный курс общей биологии, раскрывающий наиболее существенные свойства живой природы и их значение для жизни человека.

Биология является теоретической основой для таких отраслей науки, как селекция микроорганизмов, растений и животных, медицина, а также для производства, которое непосредственно связано с различными живыми организмами (биотехнология, сельское хозяйство и т. д.).

XX в. для биологии как науки был чрезвычайно плодотворным. Выявлены закономерности процесса эволюции и передачи наследственной информации, раскрыты свойства и характер воспроизводства биосистем, установлен механизм фотосинтеза, определены экологические законы жизни природы и существования биосферы, исследованы особенности структурных уровней живой материи. Именно в этом веке биология перестала быть описательной натурфилософской областью знания, перейдя в разряд фундаментальных наук, заняв среди них лидирующее место. Биология формирует представления о закономерностях существования природы и человека как ее части, раскрывает структуру живого мира, направления его развития во взаимодействии с обществом и окружающей средой.

Содержание курса. Изложение учебного материала курса построено по структурным уровням организации живой материи. Такой подход позволит интегрировать основные естественнонаучные сведения и осознать целостность мира. В центре нашего внимания будут следующие вопросы: связь биологии с экологией, географией, химией, физикой, историей, философией, этикой, эстетикой, кибернетикой, правом и другими областями знаний; биологические знания как часть культуры, их связь с гуманитарными проблемами, этикой и нравственностью; достижения практической биологии и основы рационального природопользования; обеспечение безопасной жизнедеятельности человека и живой природы.

Содержание курса биологии в данном учебнике отражает два уровня изучения биологии в старшей школе – основной и дополнительный. Весь материал, представленный в учебнике, раскрывается на основе базовых биологических знаний, полученных в предшествующих классах, особенно при изучении основ общей биологии в 9 классе.

В учебнике выделены два компонента содержания: красным цветом – параграфы для базового уровня изучения биологии, а зеленым – параграфы, содержащие материал, дополняющий базовые знания. Оба компонента содержания раскрывают биолого-экологические, натуралистические, теоретические и прикладные вопросы общей биологии, служат основой для обсуждения эколого-гуманистических и культурологических аспектов биологии. Кро-

ме того, в параграфах есть познавательный материал, не обязательный для изучения, — он дан шрифтом, отличным от основного.

1. Поясните, что вы будете изучать в курсе общей биологии.
2. Почему XX в. считают веком биологии?
3. Какое приложение находят биологические знания в гуманитарных областях человеческой деятельности? Приведите примеры.

§ 2

Основные свойства жизни

Понятие биосистемы. По современным представлениям, живая материя существует в форме *живых систем* — *биосистем*. Вспомним, что системой называют целостное образование, созданное множеством закономерно связанных друг с другом элементов, выполняющих особые функции.

Живыми системами, или биосистемами, являются клетки и организмы, виды и популяции, биогеоценозы и биосфера (всеобщая, глобальная биосистема). В этих разных по сложности биосистемах жизнь проявляется целым рядом общих свойств живой материи.

Свойства жизни. В биологии с давних пор свойства живого традиционно рассматриваются на примере таких биосистем, как организм. Все живые существа (как одноклеточные, так и многоклеточные) обладают следующими отличительными свойствами: обменом веществ, раздражимостью, подвижностью, способностью к росту и развитию, размножением (самовоспроизведением), передачей свойств от поколения к поколению, упорядоченностью в структуре и функциях, целостностью и дискретностью (обособленностью), энергозависимостью от внешней среды. Живым существам также свойственна специфичность взаимоотношений между собой и со средой, что обеспечивает им подвижное равновесие (динамическую устойчивость) существования в природе. Эти свойства считаются *универсальными*, так как характерны для всех организмов. Некоторые из названных свойств также могут быть и в неживой природе, однако все вместе они характерны только для живого. Охарактеризуем кратко эти свойства.

Единство химического состава. Живые организмы состоят из тех же химических элементов, что и тела неживой природы, однако соотношение этих элементов характерно только для живого. В живых системах около 98 % химического состава приходится на четыре химических элемента (*углерод, кислород, азот и водород*), входящие в состав органических веществ, а в общей массе веществ тела основную долю составляет вода (не менее 70–85 %).

Обмен веществ и энергии — это совокупность химических реакций, обеспечивающих поступление в организм из внешней среды энергии и хими-

ческих соединений, их превращения в организме и удаление из организма в окружающую среду в виде преобразованной энергии и продуктов жизнедеятельности. Обмен веществ и поток энергии реализует связь организма с внешней средой, что является условием его жизни.

Размножение (самовоспроизведение) – это важнейшее свойство жизни, суть которого образно выразил еще Луи Пастер: «Все живое происходит только от живого». Жизнь, однажды возникнув путем самозарождения, с тех пор дает начало только живому. В основе этого свойства лежит уникальная способность к самовоспроизведению основных управляющих систем организма: хромосом, ДНК, генов. В этой связи *наследственность* как механизм самовоспроизведения является уникальным свойством только живых существ. Иногда воспроизведение живых организмов происходит с внесением изменений, возникших путем мутаций. Такие изменения, обуславливающие появление *изменчивости*, могут дать некоторые отклонения от исходного состояния и разнообразие при размножении.

Способность к росту и развитию. Рост – это увеличение массы и размеров особи за счет приращения массы и числа клеток. Развитие – это необратимый, закономерно направленный процесс качественных изменений организма с момента его рождения до смерти. Различают *индивидуальное* развитие организмов, или *онтогенез* (греч. *ontos* – «сущее»; *genesis* – «происхождение»), и *историческое* развитие – эволюцию. Эволюция – это необратимое преобразование живой природы, сопровождающееся появлением новых видов, приспособленных к новым условиям внешней среды.

Раздражимость – это специфические ответные реакции организмов на изменения окружающей среды. Отвечая на воздействие факторов среды активной реакцией раздражимости, организмы взаимодействуют со средой и приспосабливаются к ней, что помогает им выжить. Проявления раздражимости могут

быть разные: подвижность животных при добывании пищи, при защите от неблагоприятных условий, при опасности; ориентированные ростовые движения (тропизмы) у растений и грибов к свету, в поисках минерального питания и т. д. (рис. 1).

Энергозависимость. Все организмы нуждаются в энергии для осуществления процессов жизнедеятельности, для движения, поддержания своей упорядоченности, для размножения. В большинстве случаев организмы для этого используют энергию Солнца: одни непосред-

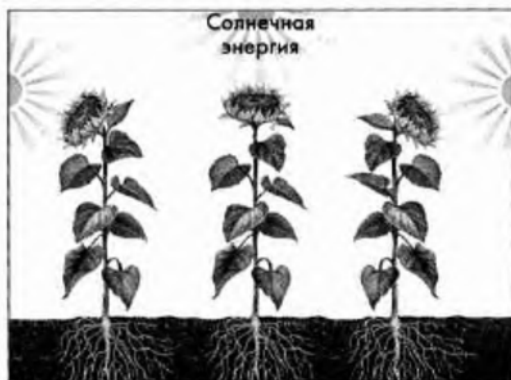


Рис. 1. Суточный ритм движений подсолнечника (фототропизм)

ственно — это *автотрофы* (зеленые растения и цианобактерии); другие — опосредованно, в виде органических веществ потребляемой пищи, это *гетеротрофы* (животные, грибы, бактерии и вирусы). На этом основании все живые системы считаются *открытыми системами*, устойчиво существующими в условиях непрерывного притока вещества и энергии из внешней среды и удаления части их после использования биосистемой во внешнюю среду.

Дискретность (лат. *discretus* — «разделенный», «обособленный»). Все организмы относительно обособлены друг от друга и представляют хорошо различаемые отдельные особи, популяции, виды и другие биосистемы.

Специфичность взаимоотношений организмов со средой. Организмы живут в условиях определенной среды. Поэтому они взаимодействуют не только между собой, но и со средой, из которой получают все необходимое им для жизни. Распространение живых существ обычно ограничивается рядом абиотических и биотических факторов (свет, температура, пища, вода, хищники, паразиты). Все организмы отыскивают благоприятную среду и приспособливают ее к своим жизненным потребностям (роют норы, строят гнезда, делают запруды, создают затенение, удерживают влагу в почве и т. д.). Благодаря совокупности морфофизиологических, поведенческих, популяционных и других особенностей каждого вида и специфичности образа жизни организмов, выработавшихся в процессе эволюции, обеспечивается приспособленность (адаптация) организмов к существованию в определенных условиях внешней среды.

Организмы в процессе своего существования производят огромное по значимости средообразующее действие. Например, дождевые черви участвуют в образовании почвы и повышают ее плодородие; растения обогащают атмосферу кислородом, обеспечивают снегозадержание, регулируют уровень грунтовых вод, создают необходимые условия для своего существования и для поселения организмов других видов. Таким образом, живые существа зависят от среды, приспособляются к существованию в ней. В то же время сама среда изменяется благодаря жизнедеятельности организмов.

Живое характеризуется также определенными ритмами протекания процессов жизнедеятельности в зависимости от суточной и сезонной динамики изменений погодно-климатических условий на Земле.

Все эти свойства в их совокупности, характерные только для живой природы, позволяют четко отделить живое от неживого мира.

Уникальность жизни заключается в том, что она возникла на самой Земле в результате длительных геохимических превращений (этап химической эволюции в истории нашей планеты). Однажды возникнув, жизнь из примитивных одноклеточных живых существ в ходе длительного исторического развития (этап биологической эволюции) достигла высокой степени сложности и обрела удивительно большое разнообразие своих форм.



Таким образом, жизнь — это особая форма движения материи, выражающаяся в совокупном взаимодействии универсальных свойств организмов.

Как видим, в современное понимание жизни наряду с традиционными ее характеристиками (обмен веществ, рост, развитие, размножение, наследственность, раздражимость и др.) включаются и такие свойства, как упорядоченность, дискретность, динамическая устойчивость. При этом, характеризуя явление *жизнь*, следует учитывать ее разнообразие и многокачественность, поскольку она представлена на нашей планете биосистемами различной сложности — от молекулярного и клеточного уровней организации до надорганизменных (биогеоценотического и биосферного).

1. Попробуйте дать определение понятия «жизнь».
2. Простой карандаш обычно состоит из графитового стержня и оболочки, сделанной из дерева. В чем сходство и различия между этими частями карандаша?
3. Замените подчеркнутое слово так, чтобы утверждение стало верным.
 - Приспособленность — проявление живой материи в виде специфических ответных реакций организмов на изменения среды.
 - Дискретность — способность поддерживать постоянство внутренней среды и сохранять свой состав и свойства независимо от меняющихся условий обитания.
 - Энергозависимость — совокупность химических процессов, протекающих в клетках и обеспечивающих поддержание жизни организмов.

§ 3

Уровни организации живой материи

Мир живой природы представляет собой совокупность разнообразных живых систем различной сложности. В свою очередь, каждая биосистема (как любая система) — это совокупность связанных в единое целое элементов (компонентов), выполняющих определенные функции. Взаимосвязи таких элементов выражают *структуру* системы, сложность ее *организации*. Биосистемам присущи также целостность, дискретность и определенная устойчивость в пространстве и во времени. Взаимодействуя со средой, живые системы адаптируются к ней, приобретают специфические свойства, но сохраняют свою целостность определенного уровня сложности.

Понятие структурных уровней организации жизни. Каждый вид биосистем отличается своеобразием присущих именно ему законов и закономерностей, процессов, структур и функций.

Изучение биологических систем живой природы привело к выводу, что их на нашей планете много и они различаются по степени сложности своей организации. Все вместе биосистемы представляют собой живую материю в виде сложной, упорядоченной, как бы многоэтажной (многоступенчатой) структуры. Биосистемы при этом включаются одна в другую по «принципу

матрешки». В то же время биосистема любого уровня дискретна (обособлена) и представляет собой особую целостность.

Биосистемы разной степени сложности — это особые формы существования живой материи, называемые *структурными уровнями организации жизни*.

Многообразие уровней организации жизни. История Земли и развитие живой материи на планете привели к формированию различных структурных уровней биосистем. На основании особенностей проявления свойств жизни в биосистеме обычно выделяют шесть основных структурных уровней: *молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный* (рис. 2).

Для каждого из названных уровней как особой единицы жизни характерны специфические закономерности, связанные с различными масштабами явлений, принципами организации и особенностями взаимоотношений с выше- и нижележащими уровнями. При этом каждый уровень характеризуется особым составом элементов биосистемы, специфическими процесса-

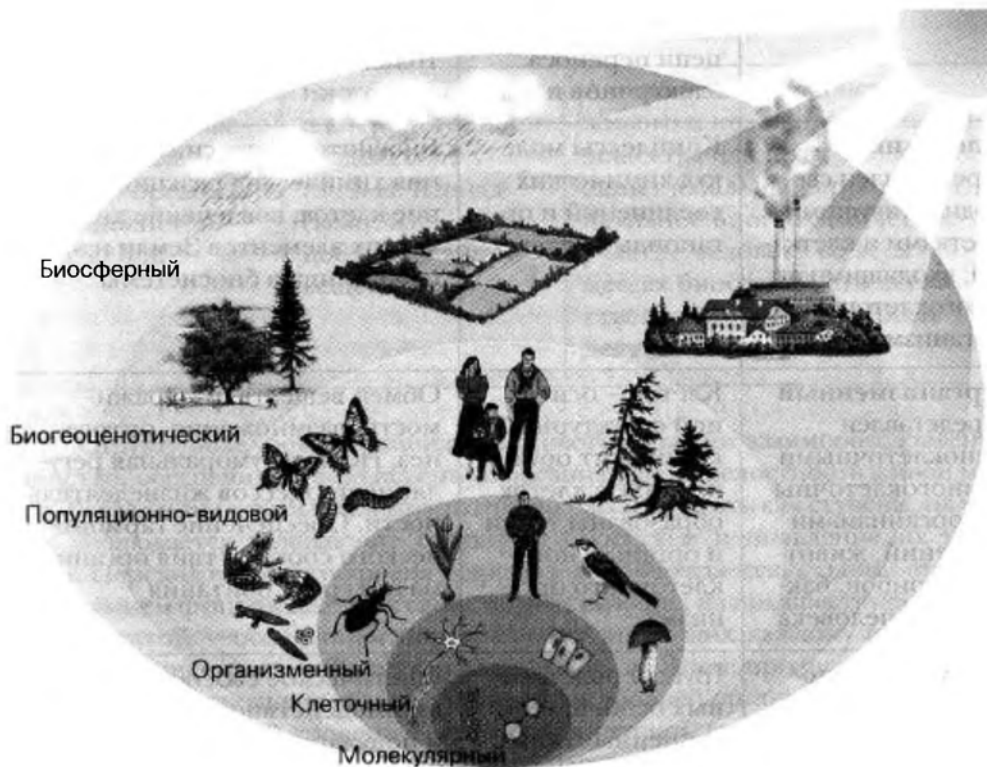


Рис. 2. Структурные уровни организации жизни

ми, системой управления (организацией) и значением в существовании живой материи. Своеобразие структурных уровней организации живой материи, их компоненты и свойственные им процессы показаны в таблице 1.

Таблица 1

Уровни организации живой материи (биосистем)

Уровень биосистем	Компоненты	Основные процессы
1	2	3
Молекулярный Представлен разнообразными молекулами, находящимися в живой клетке	Молекулы неорганических и органических соединений, молекулярные комплексы химических соединений: мембрана, цепи переноса электронов и др.	Объединение молекул в особые комплексы; осуществление физико-химических реакций в упорядоченном виде; копирование ДНК, кодирование и передача генетической информации. Все эти процессы происходят только в живой клетке
Клеточный Представлен свободно живущими клетками и клетками, входящими в многоклеточные организмы	Комплексы молекул химических соединений и органоиды клетки	Биосинтез, фотосинтез; регуляция химических реакций; деление клеток; вовлечение химических элементов Земли и энергии Солнца в биосистемы
Организменный Представлен одноклеточными и многоклеточными организмами растений, животных, грибов, бактерий и человека	Клетка – основной структурный компонент организма. Из клеток образованы ткани и органы многоклеточного организма	Обмен веществ, раздражимость, размножение, онтогенез. Нервно-гуморальная регуляция процессов жизнедеятельности. Обеспечение гармонического соответствия организма его среде обитания
Популяционно-видовой Представлен в природе огром-	Группы родственных особей, объединенных определенным гено-	Генетическое своеобразие; взаимодействие между особями и популяциями; накопление элементарных эволюционных

1	2	3
ным разнообразием видов и их популяциями	фондом и специфическим взаимодействием с окружающей средой	преобразований; осуществление микроэволюции и выработка адаптаций к изменяющейся среде. Видообразование. Увеличение биоразнообразия
Биогеоценотический Представлен разнообразием естественных и культурных биогеоценозов во всех средах жизни	Популяции различных видов; факторы среды; пищевые сети, потоки веществ и энергии	Биогеохимический круговорот веществ и поток энергии, поддерживающие жизнь; подвижное равновесие между живым населением и абиотической средой; обеспечение живого населения условиями обитания и ресурсами (пищей и убежищем)
Биосферный Представлен высшей, глобальной формой организации биосистем — биосферой	Биогеоценозы и антропогенное воздействие (по В.И. Вернадскому: живое, косное и биогенное вещество)	Активное взаимодействие живого и неживого (косного) вещества планеты; биологический глобальный круговорот; активное биогеохимическое участие человека во всех процессах биосферы, его хозяйственная и этнокультурная деятельность

Структурные уровни организации живого образуют взаимобусловленное единство, обеспечивающее системную организацию и целостность живой материи. Все уровни организации жизни можно рассматривать как ступени, на которых наблюдается усложнение структуры биосистем и появление их новых форм. Переход от одного уровня к другому сопровождается, с одной стороны, сохранением функциональных свойств, действующих на предшествующем уровне, а с другой — появлением новых качеств, присущих каждому следующему, стоящему выше уровню. Таким образом, жизнь на Земле проявляется одновременно в виде нескольких разных структурных уровней организации биосистем.

Молекулярный уровень — это первая ступень системной организации живой материи. Здесь начинаются все жизнедеятельные процессы в биосистемах. Именно на молекулярном уровне произошел переход от неживой при-

роды к живой. Все уровни отражают многообразие различных форм живого, возникшее на нашей планете с появлением жизни и увеличивающееся в процессе эволюции. Существование всех биосистем тесно связано с биосферой (поскольку они являются ее структурными компонентами), с использованием ее связей и возможностей. Однако в настоящее время все эти процессы в биосфере и ее возможности находятся под большим влиянием активного компонента биосферы – человека. .

1. Почему организм, клетку и популяцию называют биосистемами?
2. Назовите основные структурные компоненты биосферы как биосистемы.
3. Представьте, что вы только что вышли из школы на улицу. Живые объекты каких структурных уровней организации материи можно наблюдать невооруженным глазом?
4. Среди названных уровней организации материи определите уровни организации жизни:
 - а) молекулярный;
 - б) организменный;
 - в) атомарный;
 - г) биосферный;
 - д) элементарных частиц;
 - е) клеточный.

§ 4

Значение практической биологии

Из истории биологии. Биология – это комплекс наук, изучающих живую природу. Предметом биологии выступают все проявления жизни: строение и функции живых существ и других биосистем, их распространение, происхождение и развитие, связи между собой и с неживой природой. В качестве главных задач наука биология ставит следующие: изучение закономерностей и механизмов проявления жизни; раскрытие сущности жизни; систематизация живых организмов; изучение истории развития органического мира и перспектив его дальнейшей эволюции.

История становления и развития науки биологии показывает, что во все времена практическая часть знаний о живой природе, т. е. практическая биология, играла чрезвычайно важную роль в жизни людей и природы.

Уже первоначальное познание растений и животных, как показывает история материальной культуры, было связано с их использованием в быту и хозяйстве, иной деятельности человека (для питания, изготовления одежды, врачевания). Сбором пищевых растений, охотой и рыболовством люди начали заниматься еще в каменном веке.

Переход от сбора растений к примитивным формам их культивирования произошел в конце каменного века и начале эпохи бронзы. Посев хлебных злаков стал

важным этапом в жизни первобытных людей. Последовавшие затем одомашнивание животных и развитие скотоводства обусловили появление плужного земледелия: для вспашки стали использовать прирученный домашний скот, а для обработки почвы применять примитивные плуги, сделанные из корней и ветвей деревьев. Человек постепенно перешел к оседлой жизни.

Первые культурные очаги человечества возникли в Передней Азии, Китае, Египте и Индии. Археологические находки свидетельствуют о наличии земледелия на этих территориях в X тысячелетии до н. э. Здесь люди сеяли пшеницу, ячмень, горох, чечевицу, разводили виноград, финиковую пальму и гранатник, маслины и мак, возделывали хлопчатник и лен. Льняные ткани Древнего Египта славятся своим высоким качеством на протяжении нескольких веков.

В настоящее время источником всех необходимых для человека белков, углеводов, жиров, витаминов, энергии также являются в основном культурные растения и домашние животные. Открытие законов генетики, селекции, микробиологии, физиологии позволяло совершенствовать технологию выращивания биологической продукции, создавать более продуктивные сорта растений и породы животных. В итоге многие животные и растения, давно введенные в культуру, полностью изменили свой первоначальный облик, стали устойчивыми к заболеваниям и более продуктивными. Например, у древних сортов кукурузы в початках содержалось лишь 45–48 мелких зерен, тогда как в початке современной зубовидной кукурузы около 1000 довольно крупных зерен (рис. 3).

Достижения современной биологии. Благодаря знаниям из области биогеографии и экологии человечество пополняет разнообразие культурных растений и домашних животных новыми видами с помощью интродукции, или акклиматизации. *Интродукция* (лат. *introducio* — «введение») означает преднамеренный или случайный перенос особей или видов в какую-либо страну или область с новыми и непривычными для них климатическими и другими природными условиями. *Акклиматизацией* называют приспособление организмов к новым условиям существования (лат. *ad* — «к», «для»; греч. *klima* — «климат»).

Например, облепиха — колючий кустарник с сочными костянковидными плодами, произрастающий по берегам рек и озер в горах Тибета, Тянь-Шаня и Алтая, —



Рис. 3. Соотношение урожайности кукурузы современных и древних сортов выражено на рисунке размерами початков

около 30 лет назад была введена в культуру. В настоящее время облепиха широко выращивается на обрабатываемых землях новых для нее регионов, и уже создано несколько ее разных сортов (в том числе — без колючек). В любительских садах облепиха выращивается даже в северных районах России, например в Ленинградской области и в Карелии. В последние 25—30 лет также активно входит в ягодное садоводство сибирский кустарник жимолость съедобная (*Lonicera edulis*) с ароматными кисло-сладкими сочными ягодами, богатыми витаминами. Лиана актинидия китайская (*Actinidia chinensis*), называемая обычно растением киви, произрастает в диком виде в лесах Юго-Восточной Азии, но теперь выращивается на Кавказе, в Крыму, в садах Германии и других стран Европы и Америки. В Новой Зеландии существуют крупные плантации растения киви, плоды которого служат предметом экспорта во многие страны.

Среди животных в последние годы идет активное разведение на птицефермах перепела японского как яйценосной и мясной породы. В качестве декоративной комнатной птицы самцы японского перепела издавна содержались жителями Японии, Китая и Средней Азии. Однако в производственных целях — для получения яиц, а позднее и мяса — перепел стал использоваться лишь в конце XX в.

Биотехнология. Достижения *генетической (генной) инженерии* открывают широкие возможности использования живых организмов и биологических процессов в производстве биологически активных и лекарственных веществ, например таких, как инсулин, гормоны роста, интерферон и др. Такое использование организмов, особенно микроорганизмов, стало особой практической областью биологии, получившей название *биотехнология*.

Современная биотехнология разрабатывает методы биологической очистки сточных вод, защиты растений от вредителей и болезней, определяет способы микробиологического синтеза кормовых добавок (белков, аминокислот) и биологически активных веществ (антибиотиков, ферментов, гормональных препаратов), внедряет генную и клеточную инженерию для выращивания организмов из одной клетки с применением клеточной культуры (например, картофеля, садовой земляники, женьшеня).

Биотехнология, теоретическую основу которой составляет биология, а практическую — генная инженерия, является новым перспективным направлением в развитии материального производства, способствуя решению таких глобальных проблем, как производство пищи и лекарств, выявление новых источников энергии, сохранение окружающей среды.

Бионика. Знание особенностей строения и жизнедеятельности организмов широко используется в *бионике* (греч. *bion* — «элемент жизни», «живущий») — создании более совершенных технических устройств, принципиально новых машин и аппаратов на основе аналогий в живой и неживой природе. Изучением принципов построения и функционирования различных биосистем или их элементов для решения задач бионики вместе с биологами занима-

ются физики, химики, математики, кибернетики, архитекторы и инженеры различных специальностей.

Многие животные используют эхо для ориентации в пространстве и для добычи пищи: например, дятел отыскивает внутри ствола личинок жуков-короедов, ночная сова сипуха добывает пищу в полной темноте, летучие мыши и южноамериканская птица гуахаро, вылетая ночью на охоту, по отраженной звуковой волне распознают окружающие предметы и определяют расстояние до них. Этот способ ориентации живых существ в пространстве лег в основу создания радаров, с помощью которых определяют местонахождение объекта, направление и скорость его движения. Гидродинамические особенности водных животных были использованы при проектировании кораблей: обтекаемая форма современных подводных лодок, покрытие их корпусов искусственной «дельфиньей кожей» (ломинфло). Архитекторы в своем творчестве очень часто заимствуют свойства и «устройство» живых организмов при выборе формы и расположения опорных элементов в конструируемых объектах. Так, бутон цветка послужил прототипом создания крупномасштабных строений без опорных крыш — выставочных павильонов в Челябинске, Ереване, купола цирка в Казани. Подобных примеров заимствования подсказок живой природы великое множество.

Растения и животные с давних пор используются для лечебных целей. В далекое прошлое уходят связи биологического знания с медициной. Многие врачи Древнего мира и позднего времени были одновременно и выдающимися биологами. Среди них грек Гиппократ (460–370 до н. э.), римлянин Гален Клавдий (130–200), араб Ибн Сина — Авиценна (980–1037), бельгиец Везалий Андреас (1514–1564), итальянец Мальпиги Марчелло (1628–1694) и др.

Взаимосвязь науки и практики. Открытия в биологии всегда служили основой для развития медицины, сельского хозяйства.

Изучение клетки помогло раскрыть причины многих заболеваний человека, животных и растений. Исследования по физиологии и микробиологии, открытия в области иммунологии позволили выявить защитные реакции организма и найти способы предупреждения инфекционных заболеваний. Работы генетиков о проявлении действия генов у человека установили причины наследственных заболеваний. В настоящее время данные цитологии, анатомии, физиологии и биохимии, общей и молекулярной генетики, экологии, микробиологии, вирусологии являются теоретическим фундаментом для диагностики, лечения и профилактики многих болезней, в том числе и некоторых наследственных недугов человека. Знание биологических закономерностей лежит в основе здоровья человека, и медицина постоянно использует его в своей практике. Биология становится реальной производительной силой и основой рациональных отношений между человеком и природой.

Знание биологии является условием существования и устойчивого развития человечества.

1. Приведите примеры использования знаний биологии для охраны окружающей среды.
2. Охарактеризуйте явления акклиматизации, интродукции.
3. Проверьте себя: сможете ли вы найти среди трав лекарственные растения – подорожник большой, мать-и-мачеху и ромашку аптечную?
4. Закончите фразу: «Благодаря знанию основ биологии я могу...»

Традиционные методы в биологии. Биология – наука, добывающая сведения о живой природе разными методами исследований. *Метод* (греч. *methodos* – «путь к чему-либо») – это способ достижения цели. Методы выражают определенным образом упорядоченную деятельность исследователя в раскрытии сути явлений.

Любое биологическое исследование включает *наблюдение, сравнение, описание и эксперимент*. Наблюдение и описание обеспечивают накопление фактического материала, отражающего предметы и явления природы. Метод сравнения дает возможность выявлять сходство и различия между организмами, видами, другими биосистемами и их частями. Эксперимент позволяет активно изучать природные явления жизни с помощью опытов и проверять гипотезы, выдвигаемые в результате наблюдения, сравнения и других методов исследований.

Биологические исследования проводят в полевых (природных) условиях и в лаборатории. Все полученные результаты подвергают количественному и качественному анализу.

В полевых условиях можно не только проводить наблюдения, но и ставить эксперимент. Эксперимент особенно широко используют растениеводы: создают различные условия минерального питания, меняют сроки посева и способы полива, выявляя агротехнику более эффективного выращивания культивируемых растений.

В экологических исследованиях основными выступают методы количественного учета живых организмов, популяций, биогеоценозов.

Лабораторные исследования широко применяются во всех отраслях биологии. Самым распространенным инструментом при этом был и остается микроскоп. За многолетнюю историю микроскопических исследований накоплен огромный практический опыт, разработана масса методик подготовки препаратов (фиксация различными химикатами – формалином, спиртом, хлороформом и др.; окрашивание йодом, эозином, гематоксилином и др.), созданы специальные приборы для приготовления особо тонких срезов (микротомы), для зарисовок (рисовальные аппараты), для определения размеров клеток и органоидов (окуляр-микрометры) и множество других. Специ-

альные приборы позволяют изучать в лабораториях биохимические процессы в тканях и клетках организмов, электромагнитные свойства органов и тканей, обмен веществ и энергии в живых особях и многие другие процессы.

Метод моделирования в биологии. В настоящее время в различных отраслях биологической науки широко используют метод *моделирования* (фр. *modele* – «образец», «пробраза»), когда на специально созданной модели воспроизводят характеристики изучаемого объекта. При этом между моделью и объектом, интересующим исследователя, должно быть известное подобие. Моделирование широко используется, если объект исследования очень сложный (многокомпонентный) или труднодоступный для непосредственного наблюдения. В этих случаях моделирование помогает не только выявить свойства и взаимозависимости изучаемого объекта, но и представить его характеристики в изменяющихся условиях.

Модель не копирует, а имитирует реальность. Моделирование позволяет экспериментировать с объектом, использовать процессы или явления, недоступные для непосредственного наблюдения. Методами имитационного моделирования (особенно с применением компьютеров), изменяя условия или компоненты объекта, можно получить достаточно надежные количественные прогнозы, например возможной численности популяции, математических закономерностей в системах «хищник – жертва», «паразит – хозяин», устойчивости структуры биосистем. Моделирование особенно широко используется в исследованиях биосферы.

Мониторинг в биологических исследованиях. В исследованиях состояния природы применяется *мониторинг* (лат. *monitor* – «предостерегающий») – многоцелевое длительное наблюдение за состоянием и изменениями изучаемого объекта. Мониторинг необходим для выявления загрязнения окружающей среды, установления изменений в видовом разнообразии в биогеоценозах для обнаружения и спасения редких, исчезающих биологических видов на нашей планете. При проведении мониторинга наряду с биологическими методами используются физические, химические, географические, космические (например, зондирование с искусственных спутников, космических кораблей).

Проведение многих биологических исследований требует особых навыков, а также внимания, терпения и тщательности в работе. Однако известно немало открытий, сделанных в биологии очень молодыми людьми, студентами и даже школьниками. Вы также можете провести настоящее исследование с наблюдением и экспериментом и подготовить отчет о его результатах.

На заметку исследователю. Каждый исследователь обязательно ведет *дневник наблюдений* (его также называют *полевым дневником*). По многовековой традиции принято делать все записи простым карандашом, так как такие записи не пропадут, даже если дневник намокнет под дождем, упадет в снег, пропитается формалином или долго пролежит на ярком солнце. Никакие чернила не выдержат подобных испытаний.

Все собранные данные необходимо грамотно обработать. Для этого созданы специальные математические формулы, которые позволяют подтвердить достоверность статистических биометрических расчетов. Как правило, достоверность результатов основана на большом числе фактов. Чем больше проведено измерений, тем выше достоверность их среднего показателя. Результаты обобщают и для наглядности оформляют в таблицы, графики и диаграммы.

1. С какими методами биологических исследований вы знакомы, какие умеете применять?
2. Понаблюдайте за поведением серой вороны на улице. Опишите в дневнике наблюдений ее повадки.
3. Понаблюдайте за стайкой воробьев осенью: чем питаются? Как ведет себя стая при опасности и при обнаружении корма?

§ 6

Живой мир и культура

Семинарское занятие

Окружающий человека живой мир отражен во всех формах культуры: искусстве, науке, философии, религии, мифологии, земледелии, технике. Да и само понятие «культура» родилось в процессе познания и преобразования живого мира и природы людьми.

Вы уже многое знаете о живом мире, поэтому предлагаем вам поделиться своими мыслями, взглядами на обсуждаемую проблему.

Вопросы для обсуждения

1. Что такое культура?
2. Как отражается взаимодействие человека и природы в различных формах культуры?
3. Какую роль играет живая природа в развитии культуры?
4. Как осуществлялась передача достижений культуры новым поколениям в первобытном обществе и как это происходит в настоящее время?
5. Какие основные направления можно выделить в развитии современной культуры?

Материал для размышления

• Слово *культура* — одно из наиболее часто употребляемых в современной речи. Оно пришло в европейские языки из латинского (*cultura* — «возделывание», «воспитание», «развитие», «почитание»). Вмещающий объем

этого понятия огромен. Все, что создано, возделано всеми людьми, т. е. вся совокупность продуктов человеческой деятельности и общественного сознания, является выражением культуры. Иными словами, все, что уже сделано в процессе труда, делается и даже то, что будет сделано, есть культура в ее настоящем, прошлом и будущем. Культура — это творческое отражение природы (точнее, система отражений) в общественном сознании. Сам человек тоже как творец самого себя относится к той сфере культуры, которая имеет значение «образование», «воспитание».



Культура — это творческое отражение и преобразование природы в человеческой деятельности, степень общественного сознания.

Понятие *культура* родилось в Древнем Риме в трудах аграриев (греч. *agros* — «поле») как противопоставление понятию *натура*, т. е. «природа». Оно обозначало «обработанное», «возделанное», «искусственное», в противоположность «естественному», «дикому», «первозданному», и применялось прежде всего в земледелии для отличия растений, выращиваемых людьми, от дикорастущих. Со временем слово *культура* стало вбирать в себя более широкий круг предметов, явлений, действий, общими свойствами которых были их сверхприродный (неестественный) характер, их человекотворное, а не божественное происхождение.

Явление, которое человечество стало именовать словом *культура*, было замечено и выделено общественным сознанием задолго до того, как у римлян возникло само это понятие. Историческое прошлое человечества имеет множество свидетельств раннего зарождения понимания того, что отличает рукотворное от созданного природой. Археологические раскопки стоянок пещерного человека, его наскальные рисунки, каменные и костяные орудия труда и охоты подтверждают это и позволяют восстановить историю жизни и деятельности первобытных людей в их тесных контактах с окружающей природой.

На многих стоянках обнаружены целые музеи первобытной живописи и скульптуры. На стенах и потолках пещер — многочисленные нарисованные или выгравированные изображения отдельных животных: олени, бизоны, кабаны, лошади, козлы, носороги. Кроме них — длинношерстные мамонты, саблезубые тигры, туры — животные, которых уже нет на Земле.

Эти доисторические рисунки и гравюры отражают человеческое присутствие, вторжение человека в природный мир, свидетельствуют о различении *натуры* и *культуры* как первом шаге человечества на пути самопознания и самооценки. Первобытный человек еще не отделяет себя от природы. Его тип отношений с окружающим миром выражает, с одной стороны, слабость человека, выпрашивающего у природы удачу в охоте, дождь, плодovitость прирученных животных, успех в борьбе со стихиями, а с другой — его убеждение в способности воздействовать на природу, добиться от нее того, что ему нужно. Подобные рисунки и гравюры — это своего рода *язык культуры* древнего человека.

Многие произведения первобытного искусства были весьма трудоемкими, но их создатели не жалели на них ни сил, ни времени. В чем кроется причина необходимости этих творений для человека? Прежде всего, таким образом человек познавал и осваивал окружающий мир. Кроме того, рисунки приобретали для людей магический смысл: наши предки обращались к ним как к богам-покровителям. По мере того как труд, производство орудий труда формировали ум и пробуждали волю к познанию, люди начали создавать произведения искусства, отражавшие взаимодействие человека и природы.



Должно было пройти много тысяч лет, чтобы рука и мозг человека созрели для разностороннего творчества.

Труд и искусство, общественное бытие, практическое освоение природы служили важными условиями развития творческой деятельности человека и формирования культуры. Человеческая речь и музыка явились звуковым выражением жизни людей, так же как художественное рисование, гравировка и геометрическое черчение (языки искусства, науки и техники) делали зримой связь человека с природой. Как отмечают философы, в зрении непосредственно проявляются особенности *миропонимания*, а в слухе — особенности *человекопонимания*. То и другое отражение природы в культуре человечества способствовало осознанию человеком самого себя, других людей, общества, природы и окружающей действительности в целом.

Ощущение своей связи с природой у первобытных людей нашло воплощение в ранних видах религиозных представлений, таких как *анимизм* и *тотемизм*. Отголоски тотемизма и анимизма встречаются в религиозных культах многих народов в виде почитания священных животных (крокодил, корова, обезьяна, кошка) и растений (дуб, береза, пальма).

Анимизм (лат. *anima* — «дух», «душа») — верование в души и духов, будто бы влияющих на жизнь людей, животных, на предметы и явления окружающего мира. Одушевляя природу, люди верили в наличие души у человека, животных и растений; считали, что скрытая одушевленность присутствует в ручье, пламени костра, окружающих камнях и скалах; делили духов на враждебных, добрых или нейтральных. Система запретов (*табу*) была направлена на то, чтобы необдуманном поступком не обидеть душу зверя или духов, охраняющих холмы, рощи, реки и жилища. Анимистические представления легли в основу позднейших религиозных верований.

Тотемизм (от слова *ототеман*, т. е. «род его», заимствовано из языка североамериканского индейского племени оджибве) — это поклонение животному, растению или какому-то явлению природы. Первобытный человек не отделял себя от окружающей природы, все воспринималось им как единое целое. Поэтому существовала вера в тесную связь между людьми одного рода и их тотемом. Тотем воспринимался как могущественный покровитель людей одного рода, дающий

им пищу и помощь, и потому ему нельзя было причинять вред. Тотемизм и в наше время распространен среди племен Австралии, Северной и Южной Америки, Полинезии и Африки.

С давних пор существует традиция делить культуру на *материальную* и *духовную*. Духовная культура — это результат и процесс духовного, умственного «возделывания» действительности, отраженный в нравственности, искусстве, науке, образовании, этике, эстетике и других формах. Материальная культура — это результат труда, выраженный в виде предметов, овеществленных достижений духовной культуры, т. е. вся материальная среда, созданная людьми. Разделение культуры на материальную и духовную является условным, и жесткой границы между ними не существует: созданное человеком часто является результатом духовной культуры.

- Культура — это проявление творческой деятельности во всех сферах бытия и сознания человека. Принято различать материальную культуру (техника, производственный опыт, материальные ценности) и духовную культуру (наука, искусство и литература, философия, мораль, нравственность, право, политика и пр.). Культура — это явление, исторически развивающееся в зависимости от общественно-экономических условий цивилизации (см.: Философский словарь. М., 1987).

- Культура — это целостное явление, созданное человеком в процессе его взаимодействия с природой, ее живым и неживым миром. Культура предстает перед нами как особый облик природы, неизвестный ей самой, но реализующий заключенные в ней возможности, способы осуществления. Человек накладывал изначально свою печать на природное бытие, удваивая сам способ существования, делая его природно-сверхприродным, вещественным по субстрату и социальным по функциям, т. е. культурным.

Предметы материальной культуры остаются природными именно потому, что они *материальны*, и вместе с тем оказываются сверхприродными, поскольку одухотворены заключенной в них творческой мыслью человека, его «эйдосом», как говорили античные философы, его конструктивным *замыслом* (*идеей, проектом, назначением*). Эта двусторонняя природно-культурная реальность характеризует «окультуривание» не только природной среды, окружающей человека, но и его собственной природы, поскольку человек остается биологическим, физическим, химическим «телом», живущим по всем законам материи, на какие бы высоты духа он ни возвысился (см.: *Калган М.С.* Философия культуры. СПб., 1996).

- И духовной, и художественной культуре необходимы специальные средства объективации, обобществления, а значит, материализации производимой идеальной предметности — знаний, ценностей, проектов, образов. Таковыми средствами становятся *знаковые системы — языки культуры...* Как бы

ни было велико значение словесного языка, он не является единственной знаковой системой, используемой для этой цели духовным производством и духовным общением людей, равно как и художественным творчеством. <...> Множество языков нужно культуре потому, что *ее информационное содержание многосторонне богато и каждый специфический информационный процесс нуждается в адекватных средствах воплощения* (см.: *Каган М.С.* Указ. соч.).

- Искусство смертных следует природе,
Как ученик ее, за пядью пядь...

(*Данте Алигьери.* Божественная комедия. Песнь одиннадцатая, строка 103. М., 1988.)

- У каждого народа свой союз с природой (*Лихачев Д.С.* Заметки о русском. М., 1981).

- Феномен культуры – это любые артефакты (созданные людьми предметы и явления), которые несут в себе *смыслы*, т. е. выступают как *знаки*, обладающие значениями. Совокупности знаков образуют *тексты*, в которых содержится социальная информация. Подобно физическому пространству Вселенной, в котором существует множество разнообразных объектов, в том числе и целых космических миров, культурное пространство также является вмещением множества объектов, к ним относятся и отдельные феномены культуры, и их различные комплексы и группировки, и, наконец, целые культурные миры – национальные культуры, наднациональные культурные общности, цивилизации... Культурное пространство существует не само по себе, а как часть более широкого мира – мира жизни человеческого общества (см.: *Кармин А.С.* Культурология. СПб., 2000).

- Культура как система ценностей есть знаковая форма отношения человека к миру или символическая знаковая реальность. Другими словами, создавая культуру, человек тем самым творит новый тип бытия. В этом смысле культуру можно рассматривать в качестве символической реальности, зарождающейся внутри нашей Вселенной (см.: *Сафронов И.А.* Экология культуры. СПб., 1996).

- Искусство подражает природе. В подражании часто видят его сущность. Но в результате подражания может возникать культура, отражающая природу с разной степенью полноты или даже «отражающая наоборот», «от противного». Пародия, например, тоже подражание. Она выполняет гигиенические функции в культуре, чистит, но не создает (см.: *Глазачев С.Н., Козлова О.Н.* Экологическая культура. М., 1997).

- В культуре, основанной на христианском мировоззрении, происходит переосмысление безусловного права человека владычествовать над природой. Выдающийся гуманист, врач и мыслитель Альберт Швейцер (1875–1965) в своем учении о благоговении перед жизнью обосновал принцип, суть которого заключается в том, чтобы не производить различия между жизнью выс-

шей и низшей. Любое проявление жизни – огромная ценность, и все, что способствует ее сохранению, является добром, а все, что ей вредит, есть зло (см.: *Петров К.М.* Экология человека и культура. СПб., 1999).

• С понятием культуры неразрывно связаны категории совести, нравственности, чувства прекрасного. В поведении культурного человека низменные инстинкты подавляются разумом... Культуру называют негенетической памятью людей. Господствующее мировоззрение, этические нормы как признаки культуры играют важную роль в сохранении социума. Вместе взятые, культурные и биологические нормы поведения должны носить экологическую направленность – сохранять среду обитания благоприятной для жизни (см.: *Петров К.М.* Указ. соч.).

• Культура – способ жизни человека, продукт его творчества и необходимая среда обитания. Понять культуру нельзя, не поняв человека (см.: *Мамзин А.С.* Биология в системе культуры. СПб., 1998).

Рекомендуемая литература

1. *Соколов Э.В.* Культурология: Очерки теории культуры: Пособие для старшеклассников. М., 1994.
2. *Гуссейнов А.А.* Природа как ценность культуры: Экология, культура, образование. М., 1989.
3. *Каган М.С.* Философия культуры. СПб., 1996.
4. *Лосев А.Ф.* Философия, мифология, культура. М., 1991.
5. *Мень А.* Культура и духовное возрождение. М., 1992.

Подведите итог

Проверьте себя

1. Какие проблемы науки о жизни изучаются в курсе общей биологии?
2. Охарактеризуйте основные отличия живого от неживой природы.
3. Назовите шесть структурных уровней организации живой материи.
4. Что такое биосистема? Приведите примеры биосистем разных уровней организации.
5. Зачем человеку нужно знание биологии?
6. Как соотносятся культура и природа?
7. Из названных свойств исключите одно, не относящееся к живому:
а) развитие; г) магнетизм;
б) рост; д) энергозависимость;
в) управление; е) обмен веществ.

Подумайте

К какой биосистеме относится человек как биологический вид?
К какому структурному уровню организации живой материи относятся обитатели водной среды и суши?
Докажите ошибочность утверждений.

- Биосистема является совокупностью живых организмов.
- Живые организмы состоят из особых химических элементов.
- Рост и развитие – это процессы увеличения организмов с момента их рождения.

Обсудите проблему

Как связаны строки из стихотворения Роберта Рождественского с главным постулатом клятвы Гиппократов «не навреди», до настоящего времени признанным врачами всего мира?

Не навреди, человек, ни березе, ни морю,
влажной тропинке и птице, летящей во тьму.
Вместе со всею немислимой мощью
не навреди ненароком себе самому...

Основные понятия

Биосистема, свойства жизни, структурные уровни организации жизни (молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоэцотический, биосферный), мониторинг.

Глава 2

Биосферный уровень жизни

Изучив материалы главы, вы сумеете охарактеризовать:

- биосферу как биосистему, как особый структурный уровень организации живой материи и как экосистему;
- этапы становления и развития биосферы в истории Земли;
- роль живого вещества в существовании биосферы;
- условия устойчивости и неустойчивости глобальной экосистемы «Биосфера».

§ 7

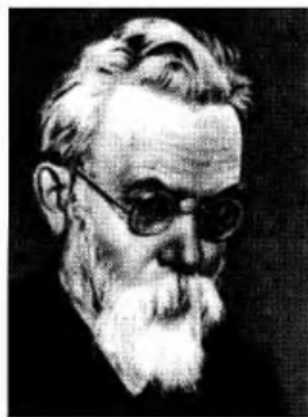
Учение о биосфере

Понятие биосферы. *Биосферой* (греч. *sphaira* — «шар») именуют область существования ныне живущих организмов, охватывающую часть атмосферы до высоты озонового слоя (20–25 км), всю гидросферу и часть литосферы. Ее нижняя граница опускается примерно на 2–3 км на суше и на 1–2 км ниже дна океана. Границы биосферы являются одновременно и границами распространения жизни на Земле. Биосфера включает в себя как вещество и пространство, так и все живые организмы (рис. 4).

Впервые термин «биосфера» встречается в 1802 г. в трудах Ж.Б. Ламарка применительно к живым организмам Земли. В 1875 г. термин «биосфера» в значении «лик Земли» использовал австрийский геолог Эдвард Зюсс при описании геологии Альп: так он назвал тонкую пленку земной поверхности, населенную жизнью. Однако ни Ламарк, ни Зюсс не развили представлений о биосфере и не дали какого-либо определения этому термину. В 1919 г. в лекциях студентам Сорбонны В.И. Вернадский, используя термин «биосфера», фактически переоткрыл его, вложив в него новое, общебиологическое содержание.

Заслуга создания целостного учения о биосфере принадлежит нашему отечественному ученому Владимиру Ивановичу Вернадскому.

Основы учения о биосфере Вернадский изложил в книге «Биосфера» в 1926 г. В последующем, в работах 30–40-х гг. XX в., он развил свои идеи,



Владимир Иванович Вернадский (1863–1945), академик, основатель геохимии и биогеохимии, создатель учения о биосфере и ноосфере. Его работы определили главные направления развития геологии, минералогии

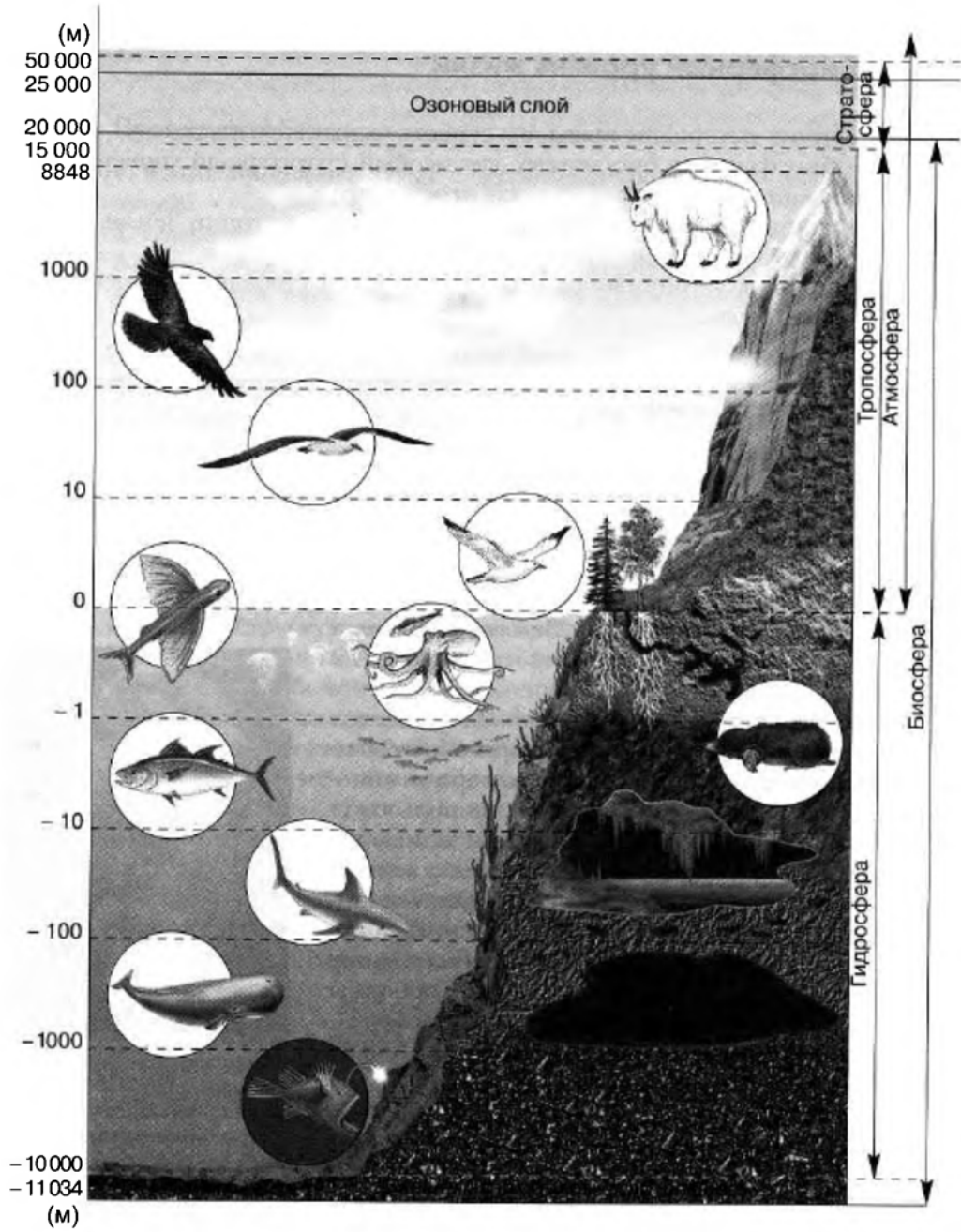


Рис. 4. Границы биосферы

рассматривая биосферу как систему, состояние которой в значительной мере определяется деятельностью живых организмов. Стратегией развития биосферы В.И. Вернадский считал ее переход к качественно новому состоянию — ноосфере как «сфере человеческого разума». Согласно идеям Вернадского, биосфера — особая оболочка Земли, отличающаяся от других сфер тем, что в ее пределах проявляется геологическая деятельность живого населения планеты. Биосферу ученый также определял как *область жизни*, включающую и живые организмы, и среду их обитания. При этом он подчеркивал, что биосфера не только среда жизни, но и *производное* жизни, что в своих основных свойствах она преобразована жизнью и определенным образом организована ею. Он писал: «Биосфера — это планетарное явление космического характера, ее важной особенностью, главной геологической силой является жизнь — „живое вещество“, не просто населяющее биосферу, а преобразующее облик Земли».

В своем учении о биосфере Вернадский придает особое значение живым организмам. Их он рассматривает как *функцию биосферы*. Преобразуя солнечную энергию, живые организмы выступают чрезвычайно мощной геохимической силой, влияющей на геологические процессы и поверхность (облик) Земли.

Совокупность всех земных живых организмов он назвал *живым веществом*, которое как нечто единое целое можно выразить численно в элементарном химическом составе, в единицах величин массы и энергии.



Центральное место в учении Вернадского о биосфере занимает понятие живого вещества.

Структура биосферы. В структуре биосферы В.И. Вернадский выделял три разных, но геологически значимых и взаимосвязанных компонента: *живое вещество, косное вещество и биокосное вещество*. Живое вещество — совокупность всех живых организмов, т. е. *биомасса*. Косное вещество — все тела и свойства неживой природы, сформированные без участия живых организмов (химические элементы оболочек Земли, вода, воздух, солнечная энергия). Биокосное вещество — результат совместной деятельности живого и косного вещества (например, почва, каменный уголь, горючие сланцы, битумы, нефть, известняки).

Первоначально В.И. Вернадский выделил 7 геологически взаимосвязанных типов веществ: живое вещество («оно рассеяно в мирадах особей, непрерывно умирающих и рождающихся, обладающих колоссальной действенной энергией — биогеохимической энергией»); биокосное вещество — создаваемое и перерабатываемое живыми существами (горючие ископаемые, известняки, почва и др.); косное вещество (неживая природа); биогенное вещество (скопления живых организмов: леса, поля, планктон, — чьи остатки после гибели организмов, входящих в них, образуют биогенные породы); радиоактивное вещество; рассеянные ато-

мы; космическое вещество (метеориты, космическая пыль). Но в более поздних работах называл преимущественно только три типа веществ биосферы: живое, косное и биокосное, иногда еще выделяя и четвертое — биогенное.

Свойства биосферы. Особо важным свойством биосферы Вернадский считал непрерывно идущие в ней *круговорот веществ* и *поток энергии*, регулируемые деятельностью живых организмов. Миграция химических веществ и поток энергии в биосфере начинаются с помощью совместно существующих организмов — автотрофов и гетеротрофов. Автотрофы (зеленые растения) создают в процессе фотосинтеза органические вещества из неорганических и осуществляют преобразование энергии солнечного света в химическую энергию, а гетеротрофы потребляют готовую энергию с пищей и разрушают органические вещества до минеральных соединений. Из минеральных веществ, образовавшихся при распаде органических соединений, автотрофы строят новые органические вещества, и так движение веществ идет без конца, как бы по кругу, циклично. Этот процесс длится сотни миллионов лет, с тех пор как возникла жизнь. Огромную роль в нем играет солнечная энергия.

Биосфера представляет собой единство живого и минеральных веществ, вовлеченных в процесс жизни. На взаимодействии организмов, создающих (автотрофы) и разрушающих органическое вещество (гетеротрофы), основан круговорот веществ, обеспечивающий единство и организованность биосферы. Этот круговорот позднее был назван *биотическим*, или *биологическим*, *круговоротом*.



Биологический круговорот как непрерывно идущая циркуляция химических элементов между живыми организмами, атмосферой, гидросферой и почвой выступает главной силой, организующей биосферу в единую самоподдерживающуюся биосистему.

Процессы синтеза и распада живого вещества на нашей планете взаимосвязаны и идут только при наличии единого биотического круговорота атомов. Каждый новый цикл круговорота того или иного элемента (например, азота, фосфора) или соединения (углекислого газа, воды) не является точным повторением предыдущего. В ходе эволюции биосферы часть процессов имела необратимый характер, поэтому происходило образование и накопление биогенных осадков, увеличение количества кислорода в атмосфере, изменение количественных соотношений изотопов ряда элементов и т. д.

В.И. Вернадский первым еще в 1919 г. отметил замечательную черту в строении нашей планеты: газы, образующиеся в биосфере (кислород, углекислый газ), и их соотношение — результат процессов жизни. Ученый писал: «Можно сказать, что свободный кислород на нашей планете в своей подавляющей массе создается кислородно-углекислотной функцией живого хлорофильного вещества».

Учение В.И. Вернадского о биосфере и роли живого вещества в ней получило широкое распространение во всем мире. Понятие «биосфера» проникло в экологию, географию, стало основой охраны природы. В настоящее время в связи с весьма ощутимыми негативными сдвигами в окружающей среде, ставящими под угрозу существование человечества и самой жизни, во всех странах мира, в том числе и в России, обозначилась потребность в осознании процессов функционирования биосферы для обеспечения ее устойчивого развития.

С развитием идей о системном характере жизни биосфера стала рассматриваться как *глобальная биосистема*, свойством которой является взаимодействие неживой природы и живого вещества. В существовании биосферы Вернадский особенно большое значение придавал живому населению планеты, т. е. *живому веществу*.

1. Обоснуйте, почему биосферу относят к биосистемам.
2. На каком основании В.И. Вернадский все живое население планеты Земля назвал живым веществом?
3. Закончите высказывание, выбрав главное условие.
 - Главной силой, обеспечивающей единство биосферы, выступает...
 - а) взаимодействие разнообразных организмов;
 - б) озоновый слой в атмосфере;
 - в) биологический круговорот веществ;
 - г) живое вещество и неживая природа.

Функции живого вещества в биосфере

Особенности живого вещества. Живое вещество – это уникальное явление биосферы. Живым веществом В.И. Вернадский именует в обобщенном виде все огромное разнообразие живого, представленного «в мириадах особей, непрерывно умирающих и рождающихся». По Вернадскому, особенности живого вещества в биосфере заключаются в том, что, несмотря на удивительное разнообразие форм и размеров живых организмов, живое обладает одним общим свойством – физико-химическим единством. Все химические реакции в живом веществе характеризуются исключительной упорядоченностью и благодаря участию ферментов протекают значительно быстрее, чем в других веществах планеты. В возникающих химических связях живого вещества заключено огромное количество свободной энергии. Поэтому живое вещество выступает как «накопитель и трансформатор» лучистой энергии космического пространства.

Живому веществу свойственна подвижность, обеспечивающая перенос вещества против силы тяжести (подъем воды с веществами по стволам деревьев высоко над землей) и в горизонтальном направлении (перелет

птиц, миграция рыб на нерест). С помощью движения живое вещество способно заполнить собой все возможное пространство путем «растекания» («давления жизни»). Растекаясь по земной поверхности, живое вещество переносит вместе с собой органические вещества и энергию, полученную от Солнца.

Живое вещество характеризуется значительно большим морфологическим и химическим разнообразием, чем любое косное вещество. При этом оно постоянно обновляется, поскольку благодаря размножению существует на Земле в форме непрерывного чередования поколений.

Живое вещество представлено в биосфере в виде дискретных тел — отдельных особей. В то же время, будучи дисперсным (рассеянным), живое вещество на Земле никогда не существует в виде обособленных организмов, но всегда представлено сообществами популяций разных видов (биоценозами), между которыми устанавливаются различные взаимосвязи, и важнейшими среди них выступают пищевые цепи. Биоценозы на Земле возникли одновременно с появлением живых организмов.

Характерное свойство живого вещества — способность к эволюционному процессу.

Функции живого вещества. Специфические свойства живого вещества показывают, что в биосфере Земли нет вещества более мощного и активного в геологическом отношении. По участию живого вещества в геологических процессах биосферы, вслед за Вернадским, различают пять его геохимических функций: газовую, энергетическую, концентрационную, деструктивную и средообразующую.

Газовая функция — создание свободного кислорода и переход его в озон; выделение свободного азота, сероводорода, метана и других газов при разложении живого вещества; поддержание на определенном уровне количества углекислого газа в атмосфере. Благодаря газовой функции живого вещества сформировался современный состав атмосферы.

Энергетическая функция — поглощение солнечной энергии при фотосинтезе; запасание энергии в химических связях органических соединений и передача ее по цепям питания и разложения. В своем глобальном, космическом проявлении живое вещество выступает как гигантский аккумулятор и уникальный трансформатор лучистой энергии Солнца.

Концентрационная функция — извлечение из окружающей среды и избирательное накопление химических элементов для построения тел живых организмов и вовлечение этих элементов в биологический круговорот веществ. Благодаря концентрационной функции живого произошло создание залежей полезных ископаемых. Так, залежи нефти, природного газа, каменного угля, горючих сланцев, известняков, мела являются концентратом углеродсодержащих и кальциевых соединений тел умерших организмов, скопившихся в одном месте.

Деструктивная функция проявляется в разложении вещества и вовлечении его в биологический круговорот. Эта функция осуществляется в разложении как мертвого органического вещества до неорганических соединений (углекислый газ, вода, сероводород, метан, аммиак и др.), так и минералов и минеральных веществ окружающей среды. Например, есть бактерии, окисляющие даже золото и тем разрушающие его. Разрушая органику и разлагая минералы, живые организмы избирательно извлекают из них и вовлекают в биологический круговорот химические элементы Земли.

Средообразующая функция заключается в преобразовании физико-химических параметров среды в процессе существования живого вещества. Живые организмы создали почву, изменили солевой состав воды в океане и газовый состав атмосферы, участвуют в изменении климата, создают своеобразие ландшафта в разных географических зонах планеты.

Животные строят жилища (норы, запруды), рыхлят грунт; растения образуют болота, леса, закрепляют пески, закисляют или выщелачивают почву, обуславливают кислую реакцию природных вод. В совокупности живое вещество преобразует все минеральные оболочки и общий облик планеты. Особенно велика роль живого вещества в формировании химического состава атмосферы, образовании в ней озонового слоя и в создании почвы. Огромное воздействие на перестройку общего лика Земли оказывает человек.

Живое вещество выступает мощной геохимической силой, преобразующей Землю, и служит основой круговорота веществ в природе.

Роль живого вещества в биосфере. Можно сказать, что живое вещество является преобразователем среды и участником всех процессов в биосфере. Причем эта деятельность живого проявляется не единично, а массово, постоянно и в огромных масштабах. Атмосфера почти целиком создается живым веществом, т. е. она биогенна. Вся вода атмосферы непрерывно проходит через живое вещество, и все воды гидросферы в значительной мере постоянно преобразуются имеющимися там живыми организмами. Живое вещество определяет все основные химические закономерности биосферы, ее особую динамическую структуру и организованность, ее существование и развитие. В.И. Вернадский пишет: «На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом».

На Земле нет силы более могущественной, чем живое вещество. Оно является ведущей силой планетарного развития.

Живое вещество составляет приблизительно лишь одну миллионную часть земной коры нашей планеты. Однако по активному воздействию на окружающую среду его роль уникальна, поэтому биосфера качественно отличается от других оболочек земного шара.

Живое вещество представлено в биосфере организмами всех биологических видов, жизнь которых с момента их возникновения протекает в форме многовидовых природных сообществ. Одновременно с эволюцией видов происходит эволюция структурно-функциональной организации многовидовых сообществ – биогеоценозов. Так, к многообразию водных природных сообществ со временем добавились наземные сообщества. Их многообразие увеличивалось одновременно с развитием мира живых организмов – от одноклеточных живых существ (бактерий, растений, грибов и животных) до сложных многоклеточных, создающих особые ландшафты на Земле.

Совместное обитание особей разных видов на едином косном субстрате, представленное биогеоценозами, – могучий фактор воздействия на природу, влияющий на общий облик биосферы, на появление и протекание в ней различных биогеохимических циклов. Это воздействие началось с момента появления жизни на Земле.

1. Какую роль в биологическом круговороте веществ играет совместное обитание видов?
2. Поясните, на чем основано утверждение: «Живое вещество характеризуется значительно большим морфологическим и химическим разнообразием, чем любое косное (неживое) вещество».
3. Правильно ли утверждение: «Совокупность живых организмов, населяющих сушу и море, называют живым веществом»?

§ 8

Происхождение живого вещества

Ранние гипотезы о происхождении жизни. Проблемы происхождения живого вещества, его возникновения и многообразия на Земле с давних пор являются важнейшими в естествознании, предметом острой борьбы материализма и идеализма.

Идеалисты, исходя из теологических (греч. *theos* – «бог»; *logos* – «учение») убеждений, считают возникновение живого актом божественного творения.

Все многообразие точек зрения ученых-материалистов о происхождении живого на Земле без участия божественной силы сводится к двум противоположным позициям: *биогенезу* и *абиогенезу*. Сторонники биогенеза (греч. *bios* – «жизнь»; *genesis* – «происхождение») считают, что все живое происходит от живого, тогда как сторонники абиогенеза (греч. *a* – частица отрицания) считают возможным происхождение живого из неживой материи, в том числе путем *самопроизвольного зарождения* жизни из неживых тел природы – песка, глины (Демокрит, Аристотель и др.).

Первые опровержения теорий самопроизвольного зарождения живого стали появляться в XVII в. Итальянский биолог и врач Франческо Реди в 1668 г.

серией опытов с гниющим мясом доказал, что живое не возникает самопроизвольно, а появляется от других живых организмов. Сто лет спустя, в 1770 г., Мартын Матвеевич Тереховский (1740–1796), русский врач, натуралист, предложивший метод стерилизации пищевых продуктов, изучая микроорганизмы («анималькули»), экспериментально опроверг возможность самозарождения организмов. Ошибочность теории самозарождения опытами на бактериях доказывал и итальянский биолог Ладзаро Спаланцани (1729–1799). Но лишь после серии доказательных опытов французского микробиолога Луи Пастера (1822–1895) в конце 70-х гг. XIX в. несостоятельность идеи самозарождения живого стала очевидной, а выдвинутый Пастером в 1862 г. принцип «*все живое — из живого*» стал общепризнанным.

В конце XIX в. гипотезы абиогенеза фактически утратили свое влияние в науке и обществе. На смену им пришли гипотезы биогенеза. При этом одни ученые выдвигали идею о том, что жизнь на нашей планете никогда не зарождалась, а была занесена на нее из космоса, где жизнь существует вечно. Наибольшее распространение получила гипотеза *панспермии*, которая и сейчас еще поддерживается некоторыми учеными в разных странах.

Гипотеза панспермии (греч. *pan* — «всё» и *spermatos* — «семя») основана на предположении о возможности переноса неких зародышей жизни из космического пространства на Землю. Гипотеза была выдвинута в 1865 г. немецким медиком Германом Рихтером и наиболее полно изложена шведским физикохимиком Сванте Аррениусом в 1895 г. По этой гипотезе считается, что с метеоритами и космической пылью на Землю попали живые организмы внеземного происхождения. Эта идея неоднократно высказывается и в наши дни, поскольку на некоторых обломках метеоритов иногда встречаются органические вещества. Но пока до сих пор нет достоверных фактов, подтверждающих внеземное происхождение этих веществ.

Долгое время привлекала внимание *гипотеза стационарного состояния* (или вечности жизни). Она утверждает, что живое всегда существовало на Земле, но оно изменялось во времени или в связи с какими-то катаклизмами. Сторонниками этих воззрений были Ж. Кювье, его ученики и последователи (XVIII в.) и представители неокатастрофизма (начало XX в.). Но все они не объясняли, как появились первые живые существа, способные затем сохраняться и изменяться после крупных глобальных катастроф.

Современные гипотезы происхождения жизни. Начало современным представлениям о возникновении живого было положено отечественным ученым-биохимиком А.И. Опариним. В 1924 г. он опубликовал труд «Происхождение жизни», в котором представил естественнонаучную гипотезу о зарождении жизни на Земле.

По гипотезе Опарина, жизнь зародилась на Земле в результате целого ряда химических превращений, осуществлявшихся в течение очень длитель-



Александр Иванович Опарин (1894–1980), академик, биохимик, создатель естественно-научной теории эволюции материи и происхождения жизни на Земле

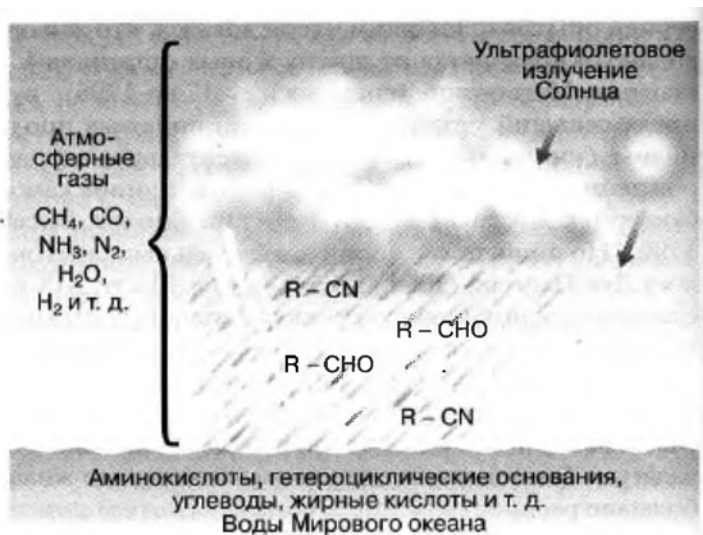


Рис. 5. Условия образования простых органических соединений на Земле

ного времени (миллиарды лет) в особых условиях молодой, тогда еще только формировавшейся планеты (рис. 5).

Опарин подчеркивал, что первые живые организмы (*предорганизмы*) в виде небольших белковых тел, названных им *коацерватными капельками*, а затем *коацерватами*, появились в «первичном бульоне» молодой планеты путем целого ряда физических и химических процессов, осуществлявшихся на протяжении очень длительного периода в истории Земли. Такие коацерваты фактически служили местом встречи и взаимодействия простых белков, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов, независимо возникших до этого в условиях молодой планеты и содержащихся в ее внешней среде.

А.И. Опарин полагал, что в массе коацерватных капель должен был идти отбор наиболее устойчивых в существовавших условиях. Среди коацерватов в процессе дальнейшего естественного отбора оставались лишь те, которые при растекании на дочерние коацерваты сохраняли свои свойства, т. е. были способны к самовоспроизведению. С приобретением этих свойств коацерватная капля уже могла считаться простейшим живым организмом. Этот процесс естественного отбора шел миллионы лет.

Гипотеза происхождения живого, впервые выдвинутая А.И. Опариним, долгое время считалась основной и завоевала широкое признание. Однако она оставляла нерешенным вопрос перехода от сложных органических веществ к простым живым организмам. По мнению Опарина, главную роль играют белки, именно они дали начало обмену веществ, обеспечив обособление

коацерватных капелек друг от друга и от окружающей среды. Ученый утверждал, что белковые тельца (коацерваты) явились первыми живыми организмами — *предорганизмами*. Но эта гипотеза не давала объяснения способности к самовоспроизведению.

Для решения этого вопроса английский биохимик и генетик Джон Холдейн в 1929 г. выдвигает «генетическую гипотезу о происхождении живого»: первоосновой появления жизни послужило возникновение дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). По гипотезе Холдейна в основе создания простейших живых систем (протобионтов) лежат не белки, а нуклеиновые кислоты (РНК и ДНК), поскольку они служат матричной основой синтеза белков. Холдейн опирался на высказанную в 1927 г. американским ученым Г.Д. Мёллером идею о том, что молекулы ДНК способны содержать «биологическую информацию» и могут образовывать мутации, а следовательно, накапливать полезные изменения; благодаря молекулам ДНК протобионты (протоклетки) и получили способность к самовоспроизведению. Решение этого вопроса они связывали также с изучением путей синтеза ферментов и воспроизводства генов.



Герман Джозеф Мёллер (1890–1967), американский генетик, один из основоположников радиационной генетики

Сходные с взглядами А.И. Опарина идеи в конце 50-х гг. высказал английский ученый — физик Джон Бернал. Подобную точку зрения излагал и отечественный ученый Н.Г. Холодный. По его мнению, первоначально образовывались не белки, а углеводороды, и это произошло не в Мировом океане, а на мелководьях после появления суши. Американец Сидней Фокс утверждал, что на первобытной Земле в лужах, оставшихся после отлива, при испарении воды могли возникать из аминокислот некие шарообразные структуры — «микросферы», покрытые сверху белками. Эти образования Фокс называл протеиноидами и считал, что они, подобно ферментам, могли катализировать определенные химические реакции.

Дальнейшие исследования А.И. Опарина и многих других ученых подтвердили и развили идею о возникновении живой материи на Земле в результате длительной эволюции химических соединений.

Согласно современным взглядам, живое первоначально зародилось как результат *химической эволюции*, т. е. абиогенно, а усложнение живого и появление большого разнообразия живого на Земле произошло в итоге *биологической эволюции*, т. е. биогенно, на более поздней стадии, идущей вслед за химическим этапом развития жизни в истории нашей планеты. Опарин пишет: «Все более очевидным становится тот факт, что дарвиновская (т. е. биологическая) эволюция — это лишь сияющая вершина айсберга, почти девять десятых которого скрыто от нашего взгляда».

Опыты, поставленные в 50-х гг. XX в. американским биохимиком Стенли Миллером, а позднее и многими другими исследователями, показали, что из смеси газообразного водорода, аммиака, метана и водяных паров, из которых состояла первичная бескислородная атмосфера, могут образовываться различные органические соединения, среди них мочеви́на, цианистый водород, спирты, альдегиды, сахара́, аминокислоты (глицин, аланин, аспаргиновая кислота и др.), органические кислоты (гликолевая, молочная, янтарная, уксусная, муравьиная и др.) и небольшие нуклеотидные цепи из шести мономеров (простые нуклеиновые кислоты). Все это подтверждало, что органические вещества могли образовываться на первобытной Земле без участия живых организмов.

Этапы возникновения жизни. Вопрос о том, какой из этих двух путей привел к возникновению первых живых организмов (на основе белковых коацерватов — по гипотезе А.И. Опарина, или нуклеиновых кислот — по гипотезе Дж. Холдейна), биологией еще не решен. Но и та и другая гипотезы в целом сходным образом определяют *этапы возникновения жизни на Земле*. Таких этапов условно выделяют четыре: 1) синтез простых (низкомолекулярных) органических соединений из неорганических; 2) возникновение сложных органических соединений в виде полимерных цепей белков и нуклеиновых кислот; 3) образование обособленных агрегатов (комочков) органических веществ в виде коацерватов или протеиноидов, отделенных от внешней среды белковыми мембранами; 4) появление простейших клеток, обладающих свойствами живого организма (самовоспроизведение). Это последний этап в создании жизни на Земле.

Первые три этапа отражают *период химической эволюции в развитии жизни*, а четвертый этап является началом *биологической эволюции живого*. Сам переход комочка химических соединений в живую клетку пока экспериментом не доказан. Поэтому та и другая теории считаются гипотезами.

Эволюция химических соединений в направлении жизни (биопоэз) началась с момента формирования планеты Земля, около 5–7 млрд лет назад. Этот этап эволюции, приведший в конце концов к формированию первых организмов, занял около 1 млрд лет. Ученые считают, что первые формы живого на Земле появились более 3500 млн лет назад.

Существуют и другие гипотезы о происхождении жизни на Земле. Все они не противоречат друг другу в главном: живое возникло в результате целого ряда физических и химических превращений, осуществлявшихся на протяжении очень длительного времени в особых условиях молодой, только лишь формировавшейся планеты Земля.

1. Могут ли где-то на Земле сейчас происходить процессы возникновения живого? Обоснуйте свой ответ.
2. Поясните основное различие идей А.И. Опарина и Дж. Холдейна о происхождении жизни.

3. Подумайте, о каких ценностях жизни говорит поэт Ю. Линник в своем стихотворении «Краски Земли».

Пусть у нашей Земли — небольшие права полустанка:
Рядовой огонек на грохочущем Млечном Пути...
Но гляди, как порхают лимонница и голубянка,
Этой гаммы вовек на далеких мирах не найти.

Физико-химическая эволюция в развитии биосферы

Академик А.И. Опарин впервые в науке выдвинул естественнонаучную теорию о зарождении жизни на Земле. Вслед за ним Дж. Холдейн, С. Миллер и другие ученые подтвердили и развили эту теорию. Они доказали, что первоначальные формы жизни — результат эволюции химических веществ на планете (этап химической эволюции), а затем путем эволюции живой материи (этап биологической эволюции) произошло усложнение живых существ и появилось огромное их разнообразие в современном мире.

Физические явления в истории Земли. Как же возникли первоначальные формы жизни? При каких условиях и где происходил этот величайшей значимости процесс биопоэза? И наконец, сколько времени длился этот процесс?



Процесс происхождения жизни на Земле теснейшим образом связан с историей возникновения и развития самой нашей планеты как части Солнечной системы.

Появление нашей планеты как космическое событие было обусловлено возникновением Солнца и всей Солнечной системы. Согласно современным астрономическим представлениям, Солнечная система зародилась в газовом облаке, находящемся в состоянии равновесия с собственным гравитационным полем. Такие облака называют *протопланетными*.

Полагают, что рядом с протопланетным облаком произошел взрыв сверхновой звезды, сопровождавшийся выделением огромного количества энергии. Возникшая ударная волна распространилась и на «наше» протопланетное облако, вызвав в нем уплотнение материи, термоядерные процессы и разогрев. Так образовалось центральное тело системы — звезда Солнце. Периферическая часть протопланетного облака фрагментировалась на отдельные сгущенные тела — планеты. Силы гравитации Солнца удержали образовавшиеся планеты около звезды, а более разреженные части протопланетного облака рассеялись. Это произошло около 5–7 млрд лет назад. Одновременное возникновение Солнца и планет Солнечной системы из единого протопланетного облака обусловило сходный химический состав этих тел.

Астрономы различают межзвездные и протопланетные облака. Межзвездные облака обычно состоят из смеси газов и пылевых частиц микронных размеров. Среди газов преобладают водород и гелий, а также в заметных количествах содержатся H_2O , CO_2 , CH_4 , NH_3 , N_2 и другие химические соединения. Твердые частицы представлены смесью тугоплавких металлов, силикатов и сульфидов металлов. Высокая разреженность космического пространства затрудняет здесь процесс объединения (сорбции) и рост частиц. Иная обстановка создается в протопланетном облаке. Повышенная плотность его вещества обеспечивает частые столкновения частиц, что ведет к их быстрому росту. В итоге появляются первые, еще мелкие (сантиметровые и первые метровые) тела, являющиеся зачатками будущих планет. Такие образования называют планетезималиями. Они состоят из холодной материи. Здесь преобладают кусочки льда (H_2O) с вмержшими в них частицами углерода, азота, силикатов, металлов и летучие вещества (в том числе метан и аммиак). Дальнейшее уплотнение роя планетезималий ускоряет их рост, ведет к образованию крупных тел — в поперечнике до многих десятков и сотен километров. У крупных планетезималий появляются свои гравитационные поля, что значительно ускоряет рост этих тел и уплотнение их массы. Так из планетезималии выросла и наша планета Земля.

Рост Земли, как показывают расчеты одного из создателей современной теории планетообразования — В.С. Сафронова, был медленным: формирование 99 % современной массы Земли произошло в течение 100 млн лет. Вначале рост шел во все ускоряющемся режиме объединения (аккреции) крупных твердых тел (планетезималий), но затем по мере их исчерпания в околоземном рое протопланетного вещества он замедлился.

Молодая Земля (Протоземля) после своего образования была холодным космическим телом, лишенным тектонических процессов. В ее недрах температура, очевидно, не превышала температуры плавления вещества. В тот период на поверхности Земли не было ни океанов, ни атмосферы и она была лишена мантии и ядра.

В ранний период истории Земли ее состав, вероятно, был однородным и образован из веществ протопланетного облака. Температура Земли была сравнительно с Солнцем невысокой (800–1000 °C), но по мере формирования планеты ее недра разогревались в результате накопления тепла из-за распада радиоактивных элементов (уран, торий) и приливной энергии Луны (Протолуны). С разогревом начались процессы расплавления веществ, а затем последовала и их гравитационная дифференциация. Более тяжелые вещества опускались вниз, а легкие поднимались вверх и образовывали земную кору.

Отсутствие атмосферы у молодой Земли было связано с тем, что газы («первичная» атмосфера) из протопланетного облака были потеряны раньше, чем растущая Земля смогла своим тяготением их удерживать у своей поверхности. Лишь достигнув значительных размеров в результате накопления

падавших на поверхность Земли частиц веществ и тел из окружающего пространства, масса планеты стала притягивать эти газы.

Химическая эволюция в истории Земли. При разогревании недр Земли из ее внутренних зон на поверхность планеты начали выделяться газовые компоненты. Таким путем образовалась вторичная, точнее, «собственная» земная атмосфера, а происходившие в то время химические реакции определили ее состав. В основном это были углеводородные газы, аммиак, углекислота, сероводород и свободный водород, при отсутствии свободного кислорода и азота. Взаимодействие между углекислотой и водородом приводило к образованию метана и воды (рис. 6). Вода в парообразном состоянии окружила Землю сплошной пеленой облаков.

Формирование нашей планеты на протяжении длительного времени сопровождалось бурными и сложными химическими реакциями. Они, несомненно, шли с поглощением свободного кислорода, возникавшего при образовании кремнекислоты и ряда других компонентов магматических пород. Поэтому в атмосфере Земли свободного кислорода не было.

Первичный кислород мог появляться в результате воздействия ультрафиолетовой радиации Солнца, а также других космических излучений на молекулы углекислого газа. Но накопления кислорода не происходило, так как он тратился на процессы окисления.

На поверхности земной коры под газовой оболочкой (атмосферой) стали происходить разнообразные геологические и физико-химические процессы. Именно здесь сначала образовались сложные углеродные соединения, а затем на их основе возникла жизнь.

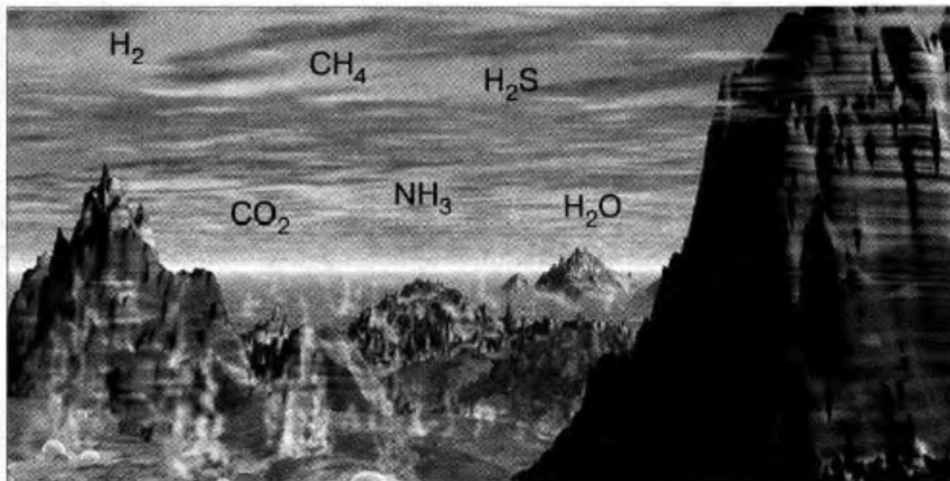


Рис. 6. Миллиарды лет назад газы, выделившиеся из недр Земли, образовали атмосферу, а бурно протекавшие химические реакции определили ее состав

После разрушения Протолуны (рис. 7) и захвата части ее внутреннего вещества и железного ядра, а также разогрева, расплавления и дифференциации планетного вещества Земля приобрела прямое вращение. Сама Луна, сформировавшаяся из оставшегося силикатного вещества внешней части разрушенной Протолуны, вызвала на Земле интенсивные землетрясения, обусловленные лунными «приливами», амплитуда которых достигала от километра до десятков метров. В итоге этих процессов совершалась дифференциация планетного вещества, что привело к образованию ядра и мантии Земли.

Мантия (греч. *mantion* — «покрывало», «плащ») — это силикатная оболочка, расположенная между ядром и подошвой литосферы. Верхняя часть мантии достаточно пластична и частично расплавлена, она может течь, деформироваться, что вызывает перемещение литосферных плит. Нижняя часть мантии очень плотная. Вещество земной коры составляет лишь относительно тонкий слой литосферных плит, граничащих с верхним слоем мантии.

После того как температура верхней мантии достигла температуры плавления силикатов, приливное взаимодействие Земли с Луной ускорило расплавление веществ всей верхней мантии. Это событие произошло около 4 млрд лет назад.

Первичное вещество Земли содержало около 13% металлического железа и около 24% его двухвалентного оксида. Перегрев верхней мантии привел к резкой гравитационной неустойчивости земных недр, так как под слоем тяжелых расплавленных веществ в центральной части Земли находилось более легкое вещество, не прошедшее гравитационную дифференциацию. В результате произошло катастрофически быстрое стекание тяжелых железных и окисножелезных рас-

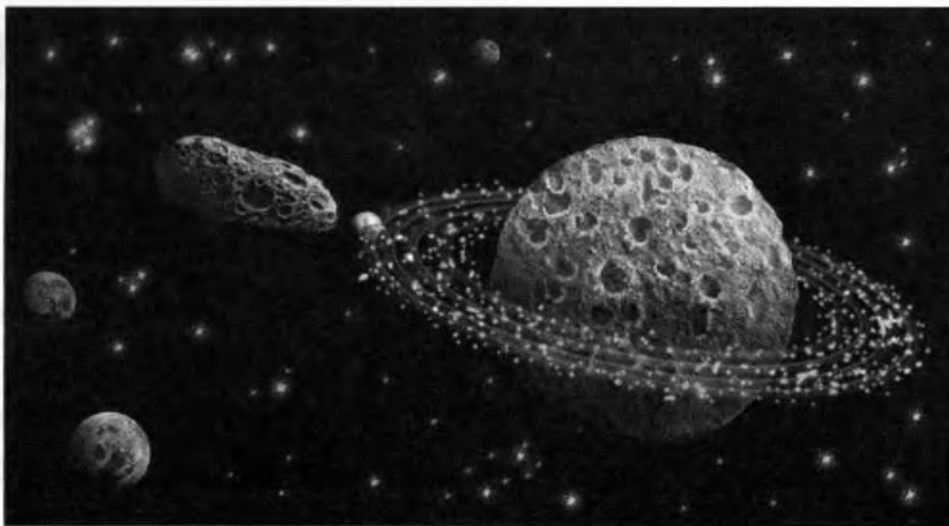


Рис. 7. Картина разрушения Протолуны в пределах влияния на нее Протоземли

плавов к центру планеты, из которых образовалось плотное земное ядро. Этот процесс сопровождался сильными конвективными потоками в мантии, приведшими к образованию возле одного полюса огромной континентальной плиты — суперконтинента Пангея (лат. *pan* — «всё»; *Гея* — в древнегреч. мифологии богиня Земли). В этот период возникло дипольное магнитное поле Земли современного типа. Это произошло около 2,5 млрд лет назад, на границе архея и протерозоя.

Переход воды из газообразного в капельно-жидкое состояние, выделение газов из недр Земли и как следствие — образование атмосферы произошло около 4 млрд лет назад, а позже начали формироваться первые мелководные изолированные морские бассейны, которые затем соединились в единый еще неглубокий Мировой океан.

Насыщение водой поверхностного слоя коры под Мировым океаном, произошедшее около 2,2 млрд лет назад, сопровождалось массовым связыванием CO_2 в карбонаты (главным образом, в доломиты). В результате парциальное давление углекислого газа снизилось и стало близким к современному. Уменьшение в атмосфере углекислоты привело к снижению температуры на поверхности Земли до $+6^\circ\text{C}$, а затем к очень сильному оледенению (Гуронское оледенение): льдом покрылись фактически все континенты того времени. Гуронское оледенение явилось самым сильным и продолжительным оледенением за всю геологическую историю Земли.

Насыщение водой слоя коры под Мировым океаном вызвало также активное вымывание металлического железа из мантии, которого там содержалось до 5%. Это вымываемое железо в форме двухвалентного гидроксида стало разноситься по всему океану. Окисляясь до трехвалентного, оно отлагалось на дне, особенно по мелководьям. Около 600 млн лет назад свободное железо исчезло из мантийного вещества. Исчезновение такого активного поглотителя кислорода, как металлическое железо, незамедлительно отразилось на увеличении количества кислорода в атмосфере. Это произошло на границе протерозоя и палеозоя. Этому же периоду соответствует и возникновение многоклеточности у живых организмов, и появление царства животных.

Как видим, этапу формирования жизни на Земле предшествовала длительная физико-химическая, геологическая и климатическая история развития нашей планеты. Наиболее существенные физико-химические события произошли 500–4000 млн лет назад. Именно в этот период в особых термодинамических условиях из исходных сложных органических соединений возникла простейшая и примитивнейшая жизнь, которая, постоянно развиваясь, создала в процессе своей длительной эволюции огромное разнообразие видов и форм. Появившись более 3500 млн лет назад, живые организмы овладели нашей планетой, создав особую оболочку Земли — биосферу (рис. 8).

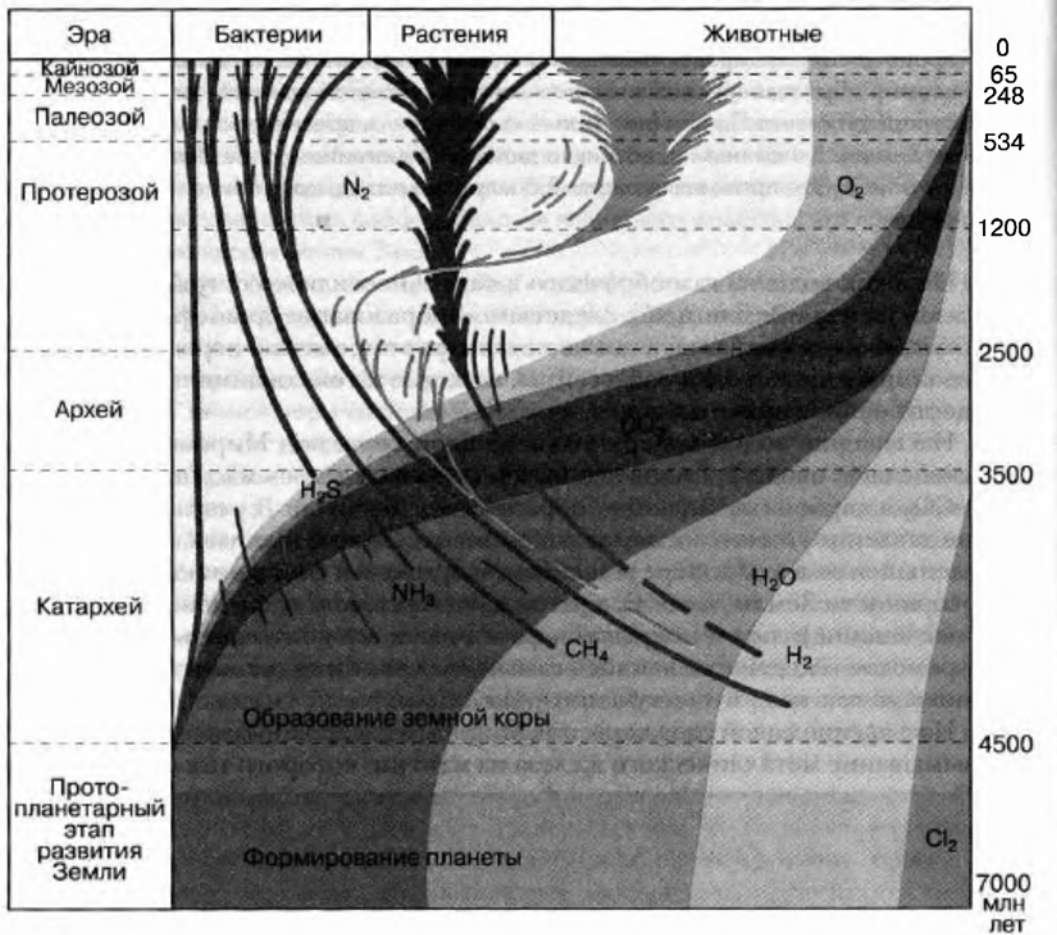


Рис. 8. Схема эволюции среды и жизни на Земле

1. Охарактеризуйте физико-химические события, сопровождавшие образование Мирового океана.
2. Поясните, какие события в истории развития Земли сыграли наиболее существенную роль в появлении биосферы.
3. В чем отличие первичной атмосферы Земли (Протоземли) от современной атмосферы?
4. Объясните, почему Стенли Миллер, опытным путем доказав возможность эволюционного возникновения органических веществ на Земле, не продолжил эксперимент до получения живой клетки.

Роль прокариот в эволюции жизни на Земле. Биологическая эволюция, или просто эволюция (лат. *evolutio* — «развертывание»), — это необратимый процесс исторического развития живого мира Земли. В ходе эволюции происходило усложнение свойств живого, обеспечившее его устойчивое существование в биосфере. Крупные и мелкие преобразования свойств, строения и функций организмов в процессе эволюции обеспечивали им качественно новые возможности для освоения ресурсов внешней среды. Особенно значимыми в историческом развитии живой материи оказались крупные преобразования, имевшие общее значение для организмов в целом и приводившие к общему морфофизиологическому прогрессу. Напомним, что такие крупные преобразования, появившиеся в ходе эволюции органического мира, отечественный ученый А.Н. Северцов в 1925 г. назвал *ароморфозами* (греч. *airo* — «поднимаю»; *morphosis* — «образец», «форма»). Он считал их одним из основных направлений эволюции, способствующих при соответствующем образе жизни организмов достижению биологического прогресса.

В историческом развитии органического мира наблюдается целый ряд ароморфозов, обеспечивших усложнение и совершенствование свойств организмов. Они наблюдаются уже на самых ранних этапах существования живого.

Первые организмы появились в водной среде. Хотя по своей структуре это были *прокариоты* (греч. *pro* — «раньше», «перед»; *karyon* — «ядро»), примитивные одноклеточные, но они обладали белоксинтезирующим и генетическим аппаратами, обеспечивавшими им и обмен веществ, и передачу наследственных свойств при размножении.

По типу питания первые организмы были в основном *гетеротрофами*, т. е. питались готовыми органическими веществами. Однако есть данные, что уже на самых ранних этапах существования живых существ среди них появились и *автотрофы*.



Алексей Николаевич Северцов (1866–1936), академик, зоолог и эволюционист, автор многих исследований сравнительной анатомии животных. Создал теорию морфофизиологического и биологического прогресса и регресса

Появление автотрофов — крупное событие (ароморфоз) в эволюции живого мира.

Среди автотрофов — организмов, самостоятельно образующих органическое вещество из неорганических соединений, различают фототрофов, создающих органи-

ческие соединения за счет энергии Солнца, и хемотрофов, живущих за счет энергии, высвобождающейся при химических реакциях окисления неорганических соединений (молекулярный водород, окись углерода, соединения серы или азота и др.).

Ученые полагают, что процесс появления *хемосинтезирующих* и *фотосинтезирующих* автотрофов начался еще на этапе коацерватных капель, когда их содержимое все более усложнялось. Происходившие при этом случайные мутации нуклеиновых кислот могли дать некоторые более активные молекулы, близкие к хлорофиллу и способные использовать энергию света.

Пока питательные вещества в окружающей водной среде в «первичном бульоне» были в избытке, это свойство не давало преимуществ в существовании организмов, имевших активные пигменты. Однако по мере увеличения численности организмов и сокращения питательных веществ в окружающей среде способность усваивать CO_2 при участии энергии света оказалась полезной для автотрофов и их потомства, значимой для выживания в конкурентной борьбе за существование.

Особенно важным событием для развития живой природы оказалось возникновение *хлорофилла* — зеленого пигмента, способного улавливать энергию солнечного света и осуществлять фотосинтез. *Фотосинтез* — это образование в клетках растений и цианобактерий органических веществ из углекислоты и воды при участии света, сопровождающееся выделением молекулярного кислорода. Появление фотосинтеза произошло примерно 3900 млн лет назад. Оно стало крупнейшим прогрессивным событием — ароморфозом — в эволюции живого мира.

Совместное существование автотрофов и гетеротрофов уже на самых ранних этапах развития жизни давало возможность одним организмам питаться органикой, создаваемой другими организмами. При этом сформировались разные способы добывания пищи: хищничество, паразитизм, симбиотрофизм и сапрофагия (греч. *sapros* — «гнилой»; *phagos* — «пожиратель»).

Поскольку круговорот веществ и поток энергии возникли между взаимодействующими организмами и окружающей средой, можно считать, что уже в первобытные времена жизнь на Земле развивалась в *природных сообществах (экосистемах)*.

Роль эукариот в эволюции жизни. Очень крупным событием, также имевшим исключительно важное значение в эволюции живого мира, стало появление *эукариот* (греч. *eu* — «хорошо», «полностью»; *karyon* — «ядро»). Это произошло около 2000 млн лет назад. До этого времени все существовавшие тогда представители живого мира (бактерии, архебактерии, цианобактерии) были *прокариотами*. Эукариоты, в отличие от них, имеют в клетках хорошо оформленное ядро, в котором находятся хромосомы с заключенными в них нитями ДНК, а также имеют различные органоиды, отграниченные от цитоплазмы мембраной (митохондрии, хлоропласты и др.).

С появлением эукариот началось становление и развитие новых крупных групп организмов — царств растений, животных и грибов. Расцвет эукариотных форм жизни привел к возникновению таких крупных ароморфозов в органическом мире, как *многоклеточность и половое размножение, обеспечивающее развитие организмов из зиготы* (рис. 9).

Развитие организма из *зиготы*, образующейся в результате слияния половых клеток двух родительских организмов, обусловило регулярное появление и закрепление новых качеств у дочерних организмов, что позволяло последующим поколениям лучше приспосабливаться к жизни в изменявшихся условиях среды. После этого события, произошедшего около 1900 млн лет назад, заметно ускорились процессы прогрессивного развития живого.

В биосфере благодаря происходившим в ней физико-химическим изменениям формируется атмосфера, в которой начал накапливаться *свободный кислород*. Вскоре произошла так называемая кислородная революция: обозначилась достаточно устойчивая его концентрация — 1 % от нынешнего, современного количества. Накопление свободного кислорода привело к возникновению первичного озонового экрана в верхних слоях биосферы, что обусловило ускорение развития жизни. Формирование озонового слоя началось в конце протерозоя (см. рис. 8 и табл. 2, с. 50). Живая природа незамедлительно откликнулась на это событие возникновением организмов с *аэробным обменом веществ*. У организмов-аэробов появилось *кислородное дыхание*.

Появление фотосинтезирующих организмов, особенно эукариот — водорослей, ускорило накопление свободного кислорода в атмосфере. Несмотря на то что процесс нарастания количества кислорода в атмосфере шел не всегда равномерно и быстро, все же наступил момент, когда поступление кислорода в атмосферу стало превышать его расходование неорганической средой и аэробами. Уже на границе силура и девона содержание свободного кислорода в атмосфере достигло 10 % от современной концентрации, а к концу палеозоя (около 250 млн лет назад), в пермском периоде, — приблизительно той же концентрации, которая наблюдается и в наше время.

Формы наземной жизни. Важное событие в эволюции органического мира — *выход живых организмов на сушу*. Первыми это сделали бактерии и цианобактерии. Ученые полагают, что это произошло еще до появления эукариот, т. е. около 3500 млн лет назад. Выйдя на обмелевшие участки суши, прокариоты начали процесс образования почвы. Спустя много времени на сушу вышли и эукариоты — растения, животные и грибы. Это произошло около 600 млн лет назад.



Рис. 9. Отпечатки червей на выветренной поверхности известняка (протерозой)

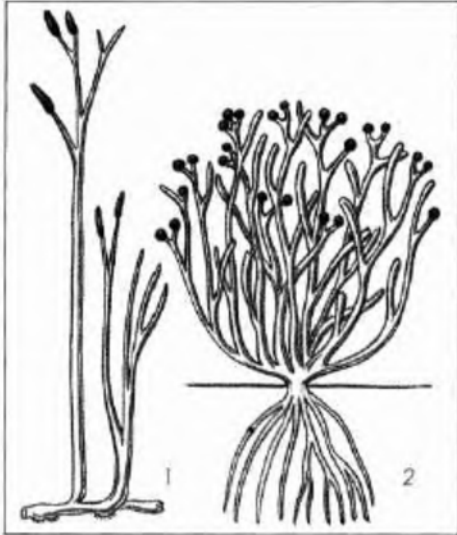


Рис. 10. Первые сухопутные растительные организмы: 1 – риния; 2 – куксония

В условиях сухости наземной среды у животных организмов возникли плотные покровы, сохраняющие влагу тела. Для газообмена стали использоваться внутренние поверхности, возникли специальные ткани и органы, осуществляющие дыхание, а также ограничивающие потерю воды. В связи с низкой плотностью воздушной среды животные приобрели панцири и скелеты, а растения – особые механические ткани во всех органах тела. Для передвижения по поверхности в поисках пищи или для укрытия у животных сформировались конечности, помогающие бегать, плавать, копать, прыгать, летать и т. д. У растений, ведущих прикрепленный образ жизни, выработалась способность к ветвлению и нарастанию побегов и корней. В результате увеличивалась площадь соприкосновения растений с внешней средой, откуда они добывают неорганические вещества для воздушного и почвенного питания.

На суше организмы столкнулись также с обилием света, его суточным и сезонным ритмами яркости и продолжительности. Это обусловило появление организмов, ведущих ночной или дневной образ жизни. При этом многие виды приобрели совместные, приуроченные друг к другу ритмы развития. Для лучшего улавливания света у растений развились листья. Эти и многие другие черты приспособленности, появившиеся в процессе эволюции у организмов, в связи с их выходом из водной среды, помогали им выживать в новых и разнообразных условиях наземно-воздушной среды.

Выход растений и животных на сушу произошел сравнительно недавно в истории Земли. К этому времени в водах Мирового океана и пресных

С тех пор эволюция живого мира шла не только в водной среде, но и в наземно-воздушной.

Первые растения, вышедшие на сушу, поселились на влажных прибрежных участках вдоль пресных водоемов. Это были теперь уже давно вымершие многоклеточные растения – *риниофиты*, произошедшие от зеленых многоклеточных водорослей (рис. 10). Почти одновременно с растениями на сушу вышли и первые животные. Полагают, что это были *ракоскорпионы* из паукообразных.

Выход живых организмов на сушу обусловил появление у них в процессе эволюции соответствующих *приспособительных свойств*. У растений с выходом на сушу сформировались система почвенного питания (корни) и система воздушного питания (побеги).

водоемах жизнь уже достигла достаточно высокого уровня развития. За многие миллионы лет путем длительной эволюции здесь появились разнообразные бактерии, цианобактерии, простейшие, многоклеточные животные, разнообразные растения и грибы. Значительная часть их вымерла, но многие группы древних организмов или производные от них существуют и в наше время. Например, среди эукариот это водоросли (зеленые, золотистые, бурые, красные и др.) и животные (амебы, жгутиконосцы, губки, медузы, кораллы, моллюски, иглокожие, хрящевые рыбы — акулы, скаты, латимерия — кистеперая рыба, кольчатые черви, членистоногие и др.).

Еще более разнообразные формы организмов сформировались в процессе эволюции в разнообразных условиях их существования на суше. Как в водной среде, так и на суше жизнь различных организмов протекала совместно — в сообществах (биогеоценозах). Расселяясь по земной поверхности, сообщества живых организмов все более и более меняли облик поверхности Земли и создавали особые условия жизни на «своих» территориях. С появлением высокорослых растений и разнообразных животных природные сообщества не только по горизонтали, но и многометровым слоем жизни по вертикали охватывали поверхность суши. При этом различные виды, обитая рядом друг с другом в сообществах, в процессе эволюции вырабатывали разные приспособительные свойства к совместной жизни.



Совместная жизнь различных видов в природных сообществах, появившаяся в биосфере еще на заре развития живого мира, является очень важным фактором биологической эволюции, совершающейся на Земле.

1. Перечислите основные этапы биологической эволюции, совершившиеся в биосфере до выхода жизни на сушу.
2. Поясните, почему биологическая эволюция последовала за химической эволюцией, а не наоборот.
3. Какое влияние на эволюцию организмов оказало их совместное существование в сообществах?
4. Подготовьте реферат на одну из предложенных тем:
 - а) этапы эволюции растений;
 - б) этапы эволюции животных;
 - в) этапы эволюции микроорганизмов.

Хронология развития жизни на Земле

Начало истории жизни. Первые живые существа появились на Земле, вероятно, более 3500 млн лет назад. Их формирование и развитие происходили в водной среде, которая по насыщенности органическими и неорганическими веществами была подобна бульону.

Как уже отмечалось, первые живые организмы были одноклеточными с очень простым строением, похожими на ныне живущих бактерий. Они основали особую группу живых организмов — *прокариот*. Позднее возникли более сложные одноклеточные формы, давшие начало группе *эукариот*. Это были растения (водоросли), животные (простейшие) и грибы. Некоторые из них потом дали начало многоклеточным организмам, которые в процессе эволюции создали огромное разнообразие живых форм, обитающих не только в воде, но и на суше. С появлением эукариот возникло половое размножение, благодаря которому ускорился ход эволюционных преобразований в живом мире.

Историю Земли и развития жизни обычно подразделяют на два *эона* (несколько эр) и *эры*, следующие друг за другом. В эрах выделяют *периоды*, а в периодах — *эпохи*. Это все очень крупные промежутки времени в истории нашей планеты, обычно выражаемые в миллионах лет. Их обозначение и определение продолжительности проводится на основе изучения ископаемых остатков, а также с опорой на данные геологии, геохимии, геофизики, биогеографии, систематики и другие свидетельства крупных изменений в лике Земли, в газовом составе атмосферы, в соотношении моря и суши, в интенсивности горообразования и наступления материковых оледенений, в климате, в содержании продуктов радиоактивного распада в минералах горных пород, в географии живого населения Земли.

Первый подтвержденный ископаемыми находками промежуток времени (эон) в истории Земли получил название *фанерозой* (греч. *phaneros* — «явный», «открытый»; *зоэ* — «жизнь»); продолжительность в абсолютном исчислении времени — около 534 млн лет (рис. 11).

Второй, более ранний, промежуток времени (эон) до фанерозоя получил название *криптозой* (греч. *kryptos* — «скрытый») за исключительную бедность сохранившихся органических остатков существовавшей тогда жизни. Криптозой часто называют докембрием; его продолжительность в абсолютном исчислении времени — около 4900 млн лет.

В истории Земли помимо двух эонов выделяют 6 эр: *катархей* («ниже древнейшего»), начался около 4500 млн лет назад; *архей* («древнейший»), начался около 3500 млн лет назад; *протерозой* («первичная жизнь»), начался 2500 млн лет назад; *палеозой* («древняя жизнь»), начался около 534 млн лет назад; *мезозой* («средняя жизнь»), начался около 248 млн лет назад; *кайнозой* («новая жизнь»), начался около 65 млн лет назад и продолжается сейчас (см. табл. 2, с. 50).

Общий возраст Земли — около 7000 млн лет. Примерно 4000 млн лет ушло на формирование самой планеты. Возникновение живых организмов происходило около 1000 млн лет в период между катархеем и археем. До середины палеозоя жизнь развивалась только в воде.

Этапы развития жизни на Земле. Охарактеризуем кратко основные этапы развития жизни по эрам.

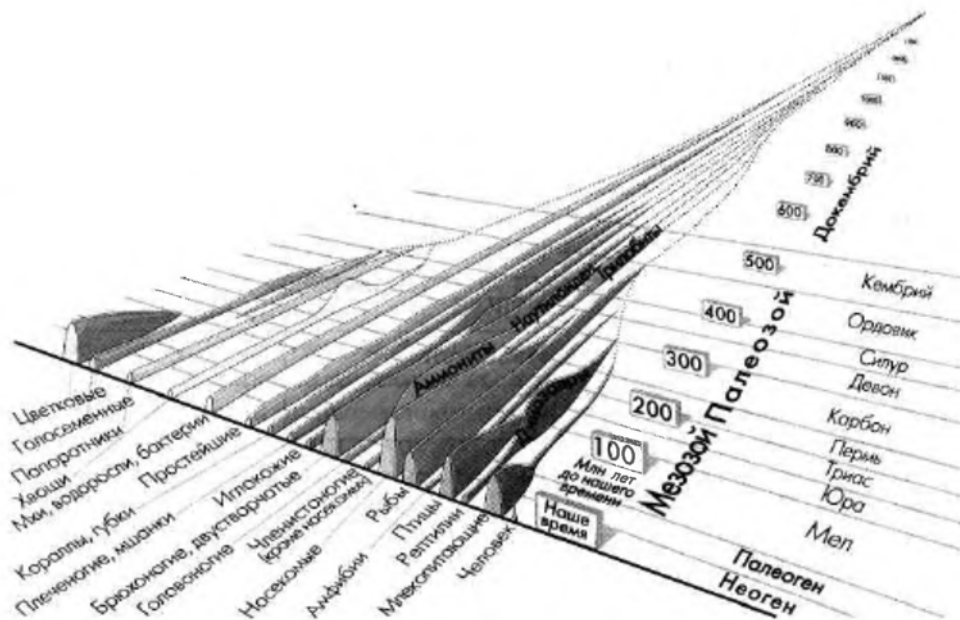


Рис. 11. Схема эволюции жизни в фанерозое

В катархее произошло образование «первичного бульона» в водах Мирового океана и начался процесс коацервации.

К архею относят расцвет прокариотных организмов: бактерий и цианобактерий. Существование цианобактерий свидетельствует о наличии фотосинтеза и присутствии активного пигмента хлорофилла. В архее появляются первые эукариоты – одноклеточные водоросли (зеленые, желто-зеленые, золотистые и др.) и простейшие (жгутиковые эукариоты – эвгленовые, вольвоксовые; саркодовые – амёбы, фораминифоры, радиолярии и др.). Начался процесс почвообразования на суше.

На границе между архейской и протерозойской эрами появились *половой процесс и многоклеточность* у животных организмов.

Протерозой – огромная по продолжительности эра. Эукариотные формы живых организмов здесь пребывают в расцвете и по своему разнообразию намного опережают прокариот. Развитие многоклеточности и появление дыхания обусловили прогрессивное развитие и среди гетеротрофов, и среди автотрофов. Наряду с плавающими формами (водоросли, простейшие, медузы) распространяются прикрепленные («сидячие») ко дну или другому субстрату: нитчатые зеленые, пластинчатые бурые и красные водоросли, а также губки, кораллы. Появились ползающие организмы, например кольчатые черви, которые дали начало моллюскам и членистоногим. Возникают симбиотические и парази-

Таблица 2

Шкала геологического времени Земли

Эон (эонотема)	Эра (эратема)	Период (система)	Изотопные датировки, млн лет
Фанерозой	Кайнозой	Четвертичный (антропогеновый)	1,8
		Неоген	25
		Палеоген	65
	Мезозой	Мел	136
		Юра	195
		Триас	248
	Палеозой	Пермь	290
		Карбон	345
		Девон	380
		Силур	420
		Ордовик	495
Кембрий		534	
Криптозой (докембрий)	Протерозой		2500
	Архей		3500–2500
	Катархей		4500–3500

тические формы организмов. Наряду с различными кишечнополостными появляются сегментированные животные вроде кольчатых червей и ракообразных.

Палеозой – эра, которая характеризуется достаточно большими находками ископаемых организмов. Они свидетельствуют, что в этот период в водной среде (соленые и пресные водоемы) имелись представители почти всех основных типов беспозвоночных животных. Появились позвоночные (кроме птиц и млекопитающих), в пресных водах – акулы. От предков костистых рыб возникли двоякодышащие и кистеперые рыбы. От последних произошли наземные позвоночные.

В середине эры произошел выход растений, животных и грибов на сушу. Началось бурное развитие высших растений, появились листья и корни. Возникли моховидные и другие споровые растения. Образуются первые леса из гигантских папоротниковидных растений, но в конце палеозоя они вымирают и дают основу для образования залежей каменного угля. Появляются животные, дышащие воздухом. По всей Земле распространились пресмыкающиеся (среди них есть и растительноядные, и хищные), возникли насекомые.

Мезозой часто называют эпохой рептилий. Они представлены здесь разнообразными формами (плавающие, летающие, сухопутные, водные и околоводные). Существовая на Земле несколько миллионов лет и достигнув большого расцвета, рептилии почти все вымирают в конце мезозоя. Появляются птицы и примитивные млекопитающие (яйцекладущие и сумчатые). С похолоданием климата и сухостью на Земле широко распространяются голосеменные растения, особенно хвойные. Появляются первые покрытосеменные, но они представлены только древесными формами. В морях широко распространились костистые рыбы и головоногие моллюски.

Кайнозой характеризуется расцветом покрытосеменных растений, насекомых, птиц, млекопитающих. Уже в середине кайнозоя имеются почти все основные группы представителей всех царств живой природы. Среди покрытосеменных растений выделились травы и кустарники. Образовались степи, луга. Сформировались все основные типы природных биогеоценозов. В эту эру появился человек как особый вид живых существ. С появлением человека и развитием его культуры создаются культурные флора и фауна, а также агроценозы, села и города. Природа стала активно использоваться человеком для удовлетворения его потребностей. В связи с этим происходят большие изменения в видовом составе органического мира, в окружающей среде и в природе в целом. Эти изменения в природе под воздействием человеческой деятельности ведут к серьезным изменениям в развитии жизни.

История Земли характеризуется уникальным явлением — на основе химической эволюции в природе возникла живая материя, которая затем с помощью биологической эволюции достигла высокого уровня развития по сложности и многообразию форм. В этом историческом процессе развития жизни на Земле появилось огромное разнообразие биологических видов, различных биосистем, произошел человек и сформировалась биосфера с глобальным биологическим круговоротом веществ. Развитие жизни, осуществлявшееся на протяжении длительного времени в меняющихся условиях окружающей среды на планете, продолжается в биосфере и в наше время.

1. Можно ли назвать эры этапами развития жизни на Земле?
2. Какое событие в эволюции живого мира обусловило возможность возникновения новых, все более сложных форм организмов?

3. Подумайте, почему прокариоты, раньше других вышедшие на сушу, не дали такого большого многообразия живых форм, как эукариоты.
4. Дополните фразу, чтобы получилось правильное утверждение.
- Биосфера возникла в эру ...
- а) архея; б) катархея; в) палеозоя; г) протерозоя.

§ 10

Биосфера как глобальная экосистема

Биосфера как биосистема. Все составные компоненты биосферы — живое вещество и населенные жизнью части гидросферы, атмосферы и литосферы тесно связаны друг с другом, все вместе они составляют единую *живую систему* — биосистему.

Все живое и каждый живой организм связаны с окружающей средой биологическим круговоротом веществ и потоком энергии. Потребляя и выделяя вещества и энергию, организмы оказывают влияние на среду обитания уже тем, что они живут. Воздействие на окружающую среду отдельной особи обычно невелико и малозаметно, но все вместе организмы (т. е. все живое вещество) оказываются мощной силой, преобразующей земную поверхность.

Все организмы по их роли, выполняемой в биосфере, разделяют на три группы: 1) *продуценты* (лат. *producens* — «создающий») — автотрофы, обладающие уникальной способностью из неорганических соединений с потреблением солнечной энергии образовывать сложные органические соединения; 2) *консументы* (лат. *consumo* — «потребляю»), или *потребители*, — гетеротрофы, питающиеся органическими веществами, созданными автотрофами, и образующие из них новые органические вещества, которых нет в телах автотрофов; 3) *редуценты* (лат. *reductio* — «возвращение»), или *разлагатели*, — гетеротрофы, способные перерабатывать органические вещества мертвых тел и различные отходы живых организмов, разрушая их до простых неорганических соединений (рис. 12). Между этими компонентами и окружающей средой образуется тесная связь. Зависая друг от друга, они создают единство биосферы, целостную живую систему — биосистему.



Биосистема — это определенное природное образование, в котором все компоненты, взаимосвязанные между собой, обеспечивают единство и целостность живой системы.

Поскольку в биосфере компонентами живой системы оказываются живые организмы и абиотическая среда, биосферу называют также *экологической системой* или *экосистемой*.

Биосфера как экосистема. Экологической системой называют совместное функционирование биотических и абиотических компонентов, в результате которого между живой и неживой частями системы образуются кругово-




Автотрофы	Гетеротрофы	
Продуценты	Консументы	Редуценты
		

Рис. 12. Функции живых организмов в биосфере

рот веществ и поток энергии. Поэтому биосферу, в которой все живые организмы и неживая среда нашей планеты являются компонентами, взаимно влияющими на свойства друг друга и необходимыми для поддержания жизни на Земле, называют *глобальной экосистемой*.

Как любая экосистема, биосфера является открытой системой, составной частью которой (на входе и выходе) являются географические оболочки планеты, представляющие среду, окружающую биосферу.

Продуценты, консументы и редуценты связаны друг с другом и с окружающей абиотической средой сложными пищевыми сетями. Между этими четырьмя компонентами биосферы происходит обмен веществами и энергией. В конечном счете химические элементы оболочек планеты и энергия, поступившая от Солнца, через тела растений доходят по пищевым цепям до каждого гетеротрофного организма. Таким путем из многочисленных веществ, поддерживающих жизнь организмов разных видов, в биосфере создаются *круговорот веществ и поток энергии*. Ввиду огромной роли живого вещества круговорот веществ в биосфере называют *биологическим*, или *биотическим*.

Могучей движущей силой круговорота веществ и потока энергии на нашей планете является живое вещество.

Движение органических веществ с заключенной в их химических связях энергией в круговороте веществ часто называют восходящим потоком, а раз-



Рис. 13. Основные структурные компоненты глобальной экосистемы

рушение органических веществ до минеральных (с помощью консументов и редуцентов) называют нисходящим потоком в экосистеме. Экосистемы устойчиво и длительно существуют в том случае, если наблюдается динамическое равновесие восходящего и нисходящего потоков круговорота веществ.

Биологический круговорот существует с момента появления живых существ. С его появлением возникла и биосфера. Круговорот веществ характеризуется наличием четырех обязательных взаимосвязанных компонентов: 1) запаса химических веществ и энергии; 2) продуцентов; 3) консументов; 4) редуцентов. В итоге все живое население биосферы и окружающая среда, откуда организмы черпают средства жизни и куда выделяют все свои продукты жизнедеятельности, создают открытую живую систему как экосистему. Организованная в *глобальную* экосистему, жизнь на планете Земля продолжается непрерывно уже миллионы лет (рис. 13).

Экосистема устойчива лишь в том случае, если входящие в ее состав взаимодействующие компоненты достаточно полно поддерживают круговорот веществ. Изменения массы живого вещества, его структуры и химизма абиотической среды влияют на характер биологического круговорота. Знание качественных и количественных характеристик биологического круговорота, его ритма, интенсивности и скорости движения веществ и энергии дает возможность прогнозировать степень устойчивости экосистемы и длительность ее существования.



Биологический круговорот веществ и поток энергии являются главным условием возникновения и существования глобальной экосистемы.

1. Почему биосферу называют биосистемой?
2. Сопоставьте два утверждения: «Биосфера – это биосистема» и «Биосфера – это экосистема». В чем их сходство и различия?
3. Назовите примеры видов-продуцентов и видов-консументов.
4. Какую функцию в биосфере выполняет круговорот веществ?

§ 11

Круговорот веществ в природе

Круговорот веществ в природе – это относительно повторяющиеся (циклические) взаимосвязанные химические, физические и биологические процессы превращения и перемещения веществ в природе. Движущими силами круговорота служат потоки энергии Солнца и деятельность живого вещества. Благодаря этим силам идет перемещение, концентрация и перераспределение огромных масс химических элементов, вовлеченных зелеными растениями с помощью фотосинтеза в органические вещества живых существ.

Круговорот веществ поддерживается в экосистеме планеты постоянным притоком все новых порций энергии. Однако *круговорота энергии не бывает*. Энергия, согласно закону сохранения, не исчезает бесследно, а преобразуется в процессе жизнедеятельности организмов и, переходя в тепловую форму, рассеивается в окружающем пространстве. В то же время химические элементы, мигрируя с пищей от одного организма к другому, могут выходить в абиотическую среду и вновь вовлекаться автотрофами в круговорот жизни, т. е. многократно (бесконечно) двигаются в круговороте. Биологический круговорот веществ и поток энергии в биосфере напоминают вращение мельничного колеса (круговорот веществ) в струе быстротекущей воды (однонаправленный поток энергии).

В биологическом круговороте веществ биосферы выделяют несколько циклов обращения химических элементов, т. е. путей циркуляции веществ из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. В циклах прослеживают движение жизненно важных – биогенных – элементов (например, С, О, Н, N, S, P, Ca, K, Si и др.) и направленность потока энергии, характерные для биогеоценозов биосферы, ее регионов или для биосферы в целом. Биогенные элементы разными путями попеременно переходят из живого вещества в неорганическую материю, а из нее вновь поступают в живое вещество и таким образом постоянно входят в состав организмов, участвуя в их жизнедеятельности.

Все биогеохимические циклы биосферы не замкнуты. При этом каждый новый цикл не является точным повторением предыдущего, так как природа не остается неизменной. Вещества и солнечная энергия вовлекаются в круговорот, но вместе с тем энергия в виде тепла уходит, рассеиваясь в пространстве, неред-

ко и органические вещества выходят из круговорота в окружающую среду, накапливаясь в виде залежей. Поэтому и в отдельных биогеоценозах, и во всей биосфере круговороты не замкнуты, и сама биосфера является *открытой биосистемой*. Круговороты, происходящие в биосфере, очень сложны и тесно связаны между собой. Вливаясь в общий биологический круговорот, они составляют основу существования и развития глобальной экосистемы, обеспечивая ее динамическую устойчивость и поступательное развитие. Движущей силой биологического круговорота веществ на нашей планете является жизнедеятельность организмов.

Примеры круговоротов веществ в природе. Круговорот углерода (рис. 14). Углерод – важнейший элемент, определяющий все многообразие органических соединений. Источником углерода служит углекислый газ, находящийся в атмосфере и растворенный в воде. Захваченный фотосинтезом углерод превращается в сахара, а другими процессами биосинтеза преобразуется в белки и липиды. Но в процессе дыхания и при разложении мертвых тел с помощью редуцентов углерод вновь вступает в круговорот в форме углекислоты. Часть углерода накапливается в биосфере в форме CaCO_3 (мел, известняки, кораллы), каменного угля, нефти и других полезных ископаемых, надолго оставаясь вне круговорота. Но под воздействием корней растений, животных и деятельности человека (отопление, промышленность) углерод может быть освобожден и тогда вновь окажется в круговороте.

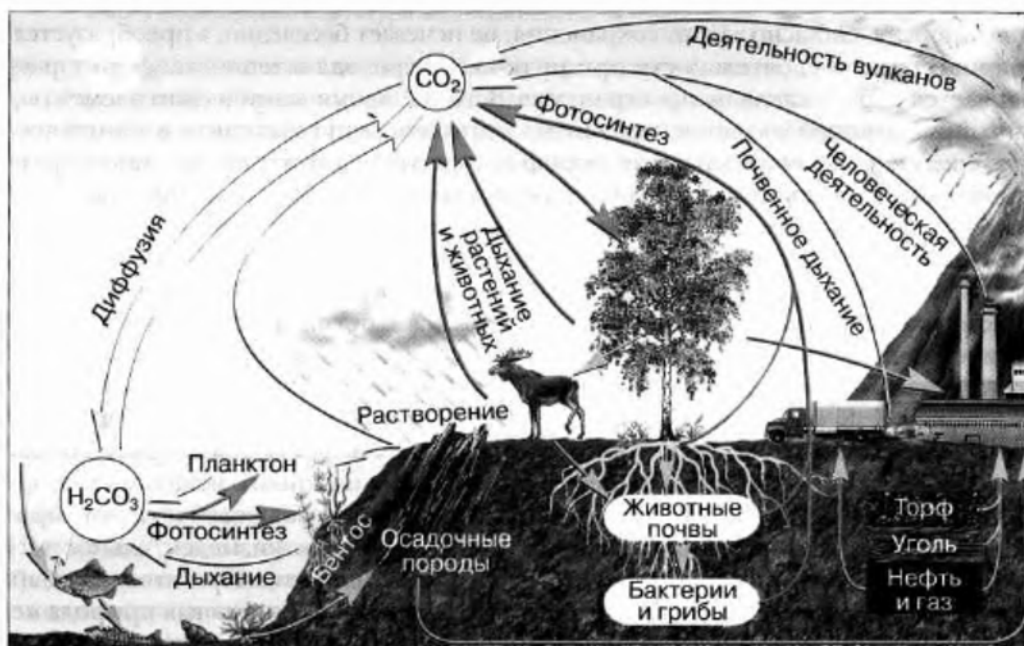


Рис. 14. Схема круговорота углерода в биосфере

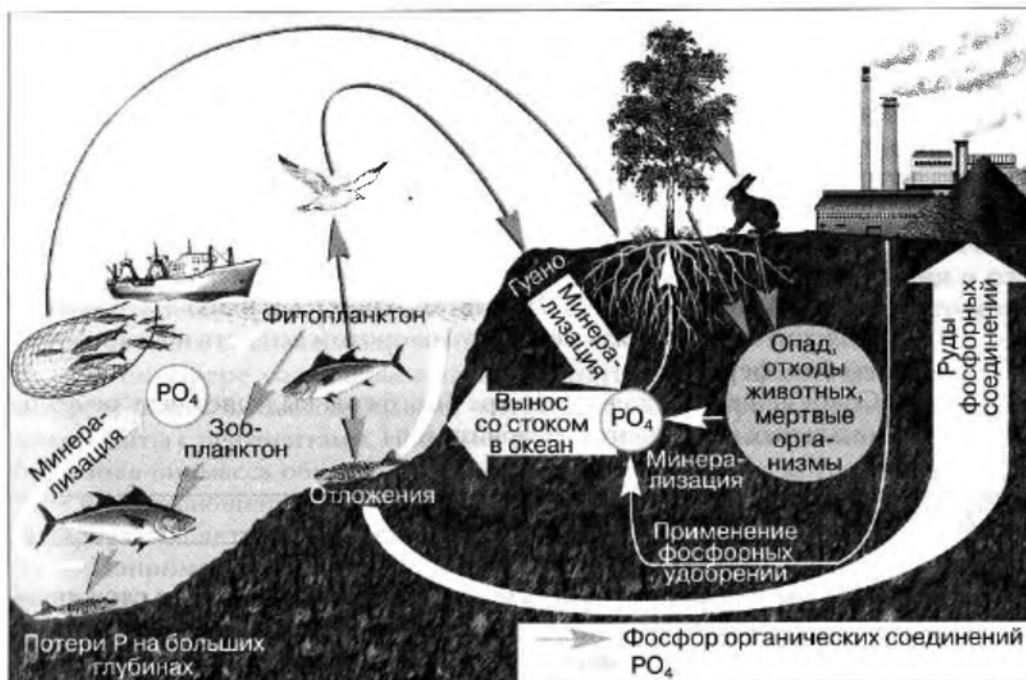


Рис. 15. Схема круговорота фосфора

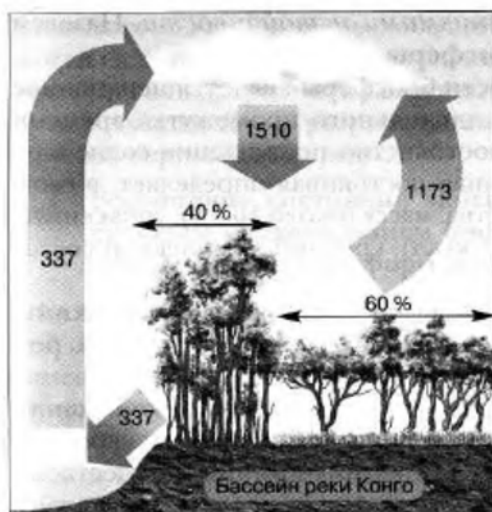


Рис. 16. Схема круговорота воды в бассейне реки Конго

Круговорот фосфора (рис. 15) представляет собой пример простого незамкнутого цикла. Фосфор – важная составная часть цитоплазмы и нуклеиновых кислот. Редуценты минерализуют органические соединения фосфора в фосфаты, которые вновь потребляются корнями растений. Много фосфора накапливается в горных породах, в глубинных отложениях, откуда с помощью животных снова возвращается в круговорот.

Круговорот воды (рис. 16) на поверхности земного шара происходит так: действием солнечной энергии в результате испарения создается атмосферная влага, она конденсируется в форме облаков, с их охлаждением

вода выпадает в виде осадков (дождь, снег, град), которые поглощаются почвой или стекают в реки, озера, моря и океаны. Количество воды, испаряемой растениями с помощью транспирации, всегда больше, чем испаряемой с поверхности водоемов. Круговорот воды в бассейне реки Конго – пример регионального круговорота воды. Вода, теряемая в процессе испарения тропическим лесом и саванной, впоследствии возвращается с осадками в почву. При этом осадки более обильны, чем сток воды в море.

1. В описании круговорота веществ иногда выделяют восходящую часть и нисходящую часть. Поясните, о чем идет речь.
2. Поясните, какая связь между круговоротом веществ и возникновением биосферы.
3. Современная наука в структуре биосферы выделяет четыре функциональных компонента. Назовите их.

Механизмы устойчивости биосферы

Биосфера как целостность представляет собой исторически сложившуюся открытую биологическую систему, достаточно длительное время сохраняющуюся в относительно постоянном, стабильном виде. В этом проявляется ее *устойчивость*, т. е. способность поддерживать свою структуру и характер связей между элементами системы, несмотря на внешние воздействия. Условия, обеспечивающие такое состояние системы, в том числе и биосферы как глобальной биосистемы, называют *механизмами устойчивости*. Назовем **основные механизмы устойчивости биосферы**.

1. Одним из механизмов устойчивости биосферы является неизменное положение Земли в космосе в течение длительного промежутка времени (не менее 4 млрд лет), определяющее постоянство поступления солнечной энергии (солнечная постоянная). Солнечная постоянная определяет, в свою очередь, земные константы живого вещества: массу (около 10^{13} т), запасенную энергию в химических связях (около 10^{18} ккал), средний химический состав (кислорода, водорода, углерода и азота).

2. Устойчивость биосферы обусловлена также проявлением геохимической функции живого вещества и его участием в круговороте веществ, реализуемых через питание, дыхание, размножение и смерть организмов.

Устойчивость биосферы поддерживается с помощью многих механизмов, среди которых главное место занимает биологический круговорот веществ, являющийся необходимым условием возникновения и существования биосферы как глобальной экосистемы.

3. Равновесное состояние между образованием органических веществ в биосфере и их расходом – один из механизмов устойчивости. В биоло-

гическом круговороте между живой и неживой частями экосистемы осуществляются направленный поток энергии и циркуляция химических веществ (миграция атомов). Все автотрофы, имеющиеся в биогеоценозах биосферы (растения и микроорганизмы), создают и накапливают огромные объемы органических веществ. Но наряду с образованием органических веществ и аккумуляцией энергии постоянно и повсеместно идут и противоположные процессы: разрушение сложных органических соединений и их превращение в простые минеральные вещества (воду, углекислый газ, аммиак, различные соли и др.). Чтобы биосфера могла существовать, процессы создания и разрушения органических веществ в ней должны поддерживаться постоянно и в достаточно равновесном состоянии.

В биосфере созидающее звено (продуценты) в некоторых местах на Земле образует биомассы больше, чем ее успевают потребить и переработать консументы с редуцентами. Но в биосфере как открытой экосистеме такая избыточная биомасса обычно выходит из биологического круговорота и оседает в окружающей среде в виде залежей торфа, каменного угля, доломитов, янтаря, мела, детрита почвы и т. д.

Например, таким путем в Перу на побережье Тихого океана возникли огромные запасы гуано — помета морских птиц, накопленного в течение многих лет. Продажа гуано как удобрения во многие страны мира в течение многих лет — важная статья доходов в государстве Перу.

4. Устойчивость биосферы зависит также от степени *внутренней упорядоченности экосистемы*. Чем более сложной является структура экосистемы и чем выше степень ее упорядоченности, тем более устойчивой она оказывается. Устойчивость глобальной экосистемы находится в прямой зависимости от того, насколько много в ней компонентов (видов и биогеоценозов), способных поддерживать ее функционирование (т. е. сохранять равновесие между созидающим и разрушающим звеньями) при изменении тех или иных условий окружающей среды.



Устойчивое состояние экосистемы «биосфера» обеспечено колоссальным разнообразием биологических видов, природных экосистем и структурных форм живого вещества.

5. Чем богаче биологическое разнообразие видов, тем более устойчивой оказывается экосистема, поскольку при необходимости одни виды могут замещаться другими, поддерживая непрерывность обмена веществ и потока энергии в экосистеме. То же происходит в биосфере, если она включает в себя много различных биогеоценозов, способных длительное время существовать устойчиво в меняющихся условиях окружающей среды, поддерживая восходящие и нисходящие звенья глобального биологического круговорота.



Функциональное разнообразие компонентов экосистемы, т. е. сложность экосистемы, обеспечивает ее устойчивость и стабильность.

Биосфера как открытая глобальная экологическая система, исторически сформировавшаяся на планете Земля, обладает достаточно сложной структурой. Эта сложность и обеспечивает высокую степень устойчивости и поступательное развитие глобальной экосистемы.

1. Обоснуйте, что является главным условием сохранения устойчивости биосферы.
2. Почему биологическое разнообразие относят к условиям, обеспечивающим устойчивое существование биосферы?
3. Поясните, какое значение имеет открытость глобальной экосистемы для устойчивости биосферы.

§ 12

Человек как житель биосферы

Понятие о ноосфере. Взаимодействие (круговорот) живого и косного вещества планеты обеспечивает динамическое равновесие, биогеохимическую цикличность природных процессов, сохранение биосферы и ее эволюцию. Закономерным следствием развития живой материи и биосферы выступает появление человека в мире жизни. Человек как детище природы неразрывно связан с ней, неотделим от общих законов, присущих всему живому. Но в отличие от всех других высших проявлений организации живой материи человек наделен разумом и способностью к творческому труду, которые представляют собой особое свойство живой материи.

Под влиянием разума и преобразовательной деятельности человека биосфера неизбежно переходит в новое состояние – *ноосферу*, т. е. сферу разума (греч. *noos* – «разум»). По этому поводу В.И. Вернадский писал: «Человеческий разум и организованная им деятельность меняют ход природных процессов в такой степени, как меняют их другие известные нам проявления энергии, но меняют по-новому». Ноосфера – это название биосферы в ее новом состоянии.

Ноосферой вслед за В.И. Вернадским в настоящее время называют состояние биосферы, при котором разумный труд человека становится главным, определяющим фактором ее развития. Вернадский выделяет биогеохимическую роль человека как особую функцию живого, *«новую геологическую силу, которой никогда еще не существовало на нашей планете в таком размере»*.

Это обобщение создателя учения о биосфере, сделанное им более 70 лет назад, в настоящее время находит убедительное подтверждение. Планета уже сейчас несет огромные расходы энергии и вещества, вызванные все ускоряющимся развитием человеческого общества.

Этапы воздействия человека на биосферу. В начале своего становления человек как биологический вид являлся обыкновенным гетеротрофным компонентом биогеоценозов, принципиально не отличавшимся от других орга-

низмов по воздействию на окружающую его внешнюю среду. Но постепенно благодаря развитию умственных способностей и трудовой деятельности человек выходил из-под контроля биологических законов развития и все больше подчинялся социальным законам развития человеческого общества. Использование огня, совершенствование орудий охоты, рыболовства и собирательства, строительство жилищ, активное расселение по ойкумене (территория Земли, заселенная человеком; от греч. *oikumenē* – «населяю»), развитие земледелия и скотоводства и последовавшая затем оседлость многих народов чрезвычайно усилили давление человека на природную среду.

Особенно сильное воздействие на природу в древние времена оказало подсечное земледелие. Выжигание растительности, применяемое людьми на значительной части территории суши, привело к резким изменениям природных условий, включая растительный и животный мир, почвы, а также климат и гидрологический режим. Выжигание растительности, а также уничтожение в больших количествах древесины происходили как в средних широтах, так и в тропиках. Как показывают данные наблюдений, во многих случаях разрушенный человеком растительный покров не восстанавливался и после прекращения его систематического выжигания. Чрезмерный выпас скота изводил растительность сухих степей и саванн, что нередко вызывало появление на этих территориях пустынь и полупустынь. Имеется предположение, что одной из причин гибели высокоразвитой цивилизации на территории центральноамериканского государства майя стало истощение почв из-за подсечно-огневого способа земледелия.

С ростом населения воздействие человеческого общества на природу неизбежно и постоянно усиливается в результате вовлечения в хозяйственный оборот все большего количества веществ и энергии, имеющих в биосфере, и перестройки общей структуры связей и зависимостей в ней. Деятельность человека все больше и сильнее изменяет облик планеты. Наступил этап, когда биосфера начала терять свою устойчивость.

Происходит все большее ускорение развития производительных сил, совершенствование техники и одновременно возрастание численности населения планеты. Если в недалеком прошлом население Земли достигало 200 млн человек, то сейчас оно составляет более 6 млрд.

Способы воздействия человека на биосферу. Взаимодействие человека и природы, с тех пор как оно появилось в биосфере, непрерывно развивается, интенсифицируется и меняет свои формы. Оно включает в себя изъятие обществом из природы веществ и энергии; создание новых, не свойственных природе химических веществ; уничтожение и переделку огромного количества видов живого мира; перемещение многих видов в новые для них места; кардинальное преобразование природных сообществ и целых ландшафтов; сброс колоссального количества отходов (газообразных, жидких, твердых) в окружающую среду и многое другое. Люди заселяют наиболее богатые по природным

ресурсам и благоприятные по условиям зоны Земли и коренным образом изменяют естественные биогеоценозы, воздвигая города, размещая промышленность и создавая сельскохозяйственные угодья. В результате обедняются экосистемы; разрушаются сложившиеся природные комплексы, уничтожаются места обитания растений и животных, загрязняются вода, почва, атмосфера. В такой необычайно измененной среде живет в настоящее время человечество.

Особенно острый конфликт в экосистеме биосферы возник под влиянием ее засорения всевозможными химическими веществами (дефолиантами, ядохимикатами, моющими средствами, искусственными органическими соединениями), а также радиоактивными осадками, газообразными отходами производств, продуктами сгорания, разливами нефти и другим техногенным «мусором». Большинство из этих искусственных веществ не поддается биогенной переработке даже с помощью грибов и бактерий, и потому они не вовлекаются в биологический круговорот, а накапливаются в биосфере.

Особенно сильно в биосфере сокращается биологическое разнообразие. Темпы вымирания видов в последние десятилетия в 500–1000 раз выше, чем были во все предшествующее время. Ученые подсчитали, что на Земле за период с 1600 по 1975 г. вымерло примерно 1,2 % видов млекопитающих и птиц, к концу 80-х гг. под угрозой вымирания оказалось около 1000 видов (8 %), а сейчас еще около 20 % видов находятся на грани исчезновения. Количество исчезающих видов растений, грибов, бактерий и одноклеточных животных в настоящее время также огромно. С такой же быстротой сейчас в биосфере исчезают многие природные сообщества.



Биологическое разнообразие живого вещества — это огромный материальный ресурс глобальной экосистемы, который помогает ей сохранять устойчивое состояние и требует охраны.

Многие века человек смотрел на природу как на неисчерпаемый источник необходимых ему материальных благ. Так же долго человечество жило в плену иллюзий, что можно, не ограничивая своих потребностей, поступательно улучшать свой жизненный уровень, повышать благосостояние и сохранять окружающую среду. Однако оказалось, что биосфера обладает *пределами емкости* для хозяйственной деятельности человека, что превышение верхнего порога этой емкости ведет к нарушению устойчивости глобальной экосистемы, к дестабилизации окружающей среды и как следствие — к гибели человечества и всего живого.

Требование невмешательства человека в природу нереально. Человек как естественный компонент биосферы должен жить, питаться, удовлетворять свои растущие потребности. Биосфера и человеческое общество представляют собой неразрывное диалектическое единство, образуя динамическую систему «природа — общество». Поэтому существование этого единства является естественным.

Однако, пока общество оказывает на природу разрушительное воздействие (а это не всегда вызывает адекватные ответы по каналам обратной связи),

в биосфере будут возникать нарушения ее устойчивости. Такими нарушениями являются истощение озонового слоя вокруг Земли, защищающего жизнь; возникновение «парникового эффекта» на планете; образование смога (англ. *smog* от *smoke* — «дым», «копоть»), в ряде промышленных регионов массовые случаи аллергии и нарушения здоровья людей вследствие загрязнения среды и т. д.

Условия сохранения биосферы. Чтобы устранить эти и другие последствия неразумной, хищнической деятельности человека в природе, необходимо учиться бережно и рационально относиться к природным ресурсам, управлять своими потребностями и успеть (!) компенсировать тот ущерб, который наносят человек и общество биосфере, т. е. экологически грамотно вести природопользование.

Таким образом, взаимосвязь «природа — общество» предполагает как разумное поведение в природе, так и умелое управление биосферой. При этом нужно исходить из убеждения, что возможности биосферы не беспредельны, а управлять биосферой невозможно без знания законов ее функционирования, своеобразия всех ее звеньев и предела их возможностей. Главным ориентиром всех действий в природе должен стать экологический и морально-нравственный принцип: «*Не навреди!*»

1. Почему человека считают геологической силой в биосфере?
2. Объясните, когда даже природоохранная деятельность человека способна нанести ущерб биосфере.
3. В своей поэтической повести «Маленький принц» Антуан де Сент-Экзюпери пишет: «...мы все уносимся вдаль на одной и той же планете — мы жители одного корабля». Как вы понимаете свою роль в биосфере исходя из этого высказывания?

§ 13

Особенности биосферного уровня организации живой материи и его роль в обеспечении жизни на Земле

Особенности биосферного уровня. Процесс эволюции жизни включал в себя появление не только дискретных ее носителей — вначале молекул, затем клеток, многоклеточных организмов и видов, но и многовидовых, т. е. надорганизменных, биосистем — биогеоценозов, обеспечивающих воспроизведение и непрерывность жизни на Земле в рамках биологического круговорота веществ. Одновременно с развитием видового и экологического разнообразия форм жизни на Земле возникли биосистемы с разными уровнями их организации.



Многообразием форм жизни на Земле обеспечиваются устойчивость биосферы, ее целостность и единство органического мира.

Биосферный уровень жизни характеризуется особыми качествами, своеобразными законами, особой степенью сложности. Например, как все биосистемы, так и биосфера характеризуется целостностью, своеобразием свойств и явлений, особой структурой и величиной охвата элементов. В этом отношении биосферный структурный уровень живой материи является наиболее высоким и сложным уровнем, который включает в себя все нижележащие уровни (биогеоценотический, популяционно-видовой, организменный, клеточный и молекулярный).

Свойства и явления биосферы возникают как следствие свойств систем предыдущих входящих в нее уровней. Если раньше они были относительно самостоятельными и «целыми», то теперь превращаются в «части», в «компоненты» более высокого уровня биосистем.

Рассмотрение явлений жизни с позиции разных структурных уровней ее организации – важнейшее естественнонаучное и философское обобщение биологии 60-х гг. XX в.

Для описания и сравнения свойств уровней обычно используют такие наиболее общие для них характеристики, как состав компонентов (*структура*), наличие *процессов*, управление системой (*организация*) и значение в природе.

Основными структурными компонентами биосферы выступают различные биогеоценозы с их уникальными жизненно важными функциями в глобальной экосистеме, человек как житель биосферы, являющийся ее важным структурным и функциональным элементом, и географические оболочки планеты.

Основные процессы в биосфере: активное взаимодействие живого и неживого вещества планеты, биологический круговорот веществ и поток энергии, а также хозяйственная и этнокультурная деятельность человека.

Особенности организации биосферы: устойчивость, достигаемая благодаря многообразию форм жизни; упорядоченность процессов (порядок в строении и совокупности устойчивых связей в непрерывном биотическом круговороте веществ и потоке энергии, наличие обратных связей); энергичность и динамичность явлений, обусловленные взаимосвязью живой и неживой природы.

Значение биосферного уровня. Главная роль биосферы заключается в обеспечении многообразия форм жизни на Земле.

На Земле нет мест, где бы не было природных сообществ (биогеоценозов).

Основная стратегия жизни на биосферном уровне – это сохранение бесконечности жизни, многообразия форм живой материи и обеспечение динамической устойчивости биосферы.

На биосферном уровне протекают важные глобальные процессы, обеспечивающие возможность длительного существования жизни на Земле. Среди

них: образование свободного кислорода растительным покровом планеты; поддержание постоянства концентрации углекислого газа в атмосфере; создание озонового слоя вокруг Земли; обеспечение живого населения нужными химическими веществами и необходимыми территориями для его размещения на земной поверхности; поддержание условий для дальнейшего развития биологического разнообразия видов и экосистем; возникновение новых биогеохимических круговоротов, утилизирующих антропогенные загрязнения; поступление солнечной энергии на поверхность земного шара.

Все эти процессы пока еще обеспечивают динамическую устойчивость биосферы, создают возможность существования в ней жизни.

Надо заметить, что для полноты представления о строении биосферы и ее функционировании надо знать не только ее особенности (структуру, процессы и организацию), но и свойства, а также поведение систем более «низких» уровней, входящих в нее. Поэтому для характеристики свойств биосферы как самого высокого надорганизменного уровня живой материи необходимы знания о свойствах ее компонентов (биогеоценозов) и специфике их взаимодействия с окружающей средой. Кроме того, нужны сведения и о природопользовательской деятельности человека, являющегося важнейшим компонентом глобальной экосистемы биосферного уровня.

Такие исследования ставят целью улучшение экологических условий существования человека, сохранение многообразия форм жизни, обеспечивающего способность биосферы к самоподдержанию своей устойчивости, а также предупреждение разрушения условий жизни и самой жизни в биосфере.

1. Как возник биосферный структурный уровень организации живой материи?
2. Укажите основные процессы, обеспечивающие существование биосферы.
3. Проверьте правильность утверждений.
 - Биосфера – это наивысший структурный уровень живой материи.
 - Основными структурными компонентами биосферы являются биогеоценозы.
 - Биосфера – это глобальная система живых организмов.

Человек как фактор в биосфере. Закономерным следствием развития живой материи и биосферы стало появление человека. До поры до времени человек, как и другие живые существа, был естественным компонентом своих биогеоценозов, вписывался в их круговороты веществ и жил по законам при-

роды. Но начиная со времен его расселения по Земле, изобретения земледелия и скотоводства взаимоотношения человека с природой начали качественно меняться. Когда же человек стал активно и во все увеличивающихся масштабах добывать полезные ископаемые, изменились не только окружающая среда, ландшафт, но и характер глобального круговорота веществ и поток энергии на планете.

Особенно сильно эти изменения в протекании естественных процессов в биосфере обозначились в середине XX в., когда человечество с помощью научно-технического прогресса стало обеспечивать свое благополучие, невзирая на возможности природы. Увеличились до огромных размеров добыча различных руд и особенно использование углеводородного топлива (угля, нефти, сланцев, газа). В итоге в круговорот веществ биосферы стали включаться запасенные вещества ее былых времен, некогда выведенные из круговорота и находившиеся в осадочных породах. Появление этих «новых» веществ, не свойственных современной биосфере, привело к изменению условий на планете, которое стали называть *загрязнением окружающей среды*, в том числе воды, воздуха и почвы.

Прежде всего это изменение почувствовали растения, животные и другие организмы. Началось быстрое сокращение их численности и, главное, разнообразия живого мира, так как загрязнение окружающей среды сопровождалось разрушением мест обитания организмов. Загрязнение окружающей среды вскоре отразилось и на человеке. Появились массовые, так называемые средовые, заболевания в виде аллергии, стресса, отравлений (нитратами, тяжелыми металлами и другими ядами), уродства у новорожденных и другие аномалии. Такие заболевания наблюдались и раньше, но были редкими, тогда как в настоящее время они носят массовый характер во всех странах.

Жизнь организмов на Земле, здоровье людей, состояние экосистем и окружающей среды в настоящее время стали проблемами не только научными, но и практическими, социальными, значимыми для всего человечества. Они обсуждаются на международных симпозиумах, съездах ученых, рассматриваются на заседаниях Организации Объединенных Наций (ООН), встречах видных государственных деятелей, на глобальном и региональном уровнях.

Научная основа сохранения биосферы. В связи с чрезвычайной актуальностью обсуждаемых проблем возросло значение *экологии*, которая является научной основой рациональной деятельности человека в природе, так как открывает законы, управляющие процессами в биосфере и в ее отдельных биогеоценозах. Экология исследует проявления свойств отдельных организмов (в том числе и человека), механизмы сохранения биологического разнообразия (его генетического фонда) и устойчивости биосферы. Экология доказала, что стремление людей к полновластию над природой и ее покорению ведет к катастрофическим последствиям для самого существования человека.

Экология также установила, что решение проблем сохранения жизни на Земле зависит от разумного взаимодействия человеческой цивилизации и природы, от безопасности для природы технологий производства, экологической культуры каждой личности и общества в целом. При этом экологическая культура рассматривается как единство экологической образованности, экологического сознания и экологической деятельности, направленной на гармонизацию взаимоотношений между обществом и природой.

Гармонические отношения человеческого общества с природой возможны лишь при условии, если люди будут действовать в ней по ее законам, понимая уникальную ценность жизни и ориентируясь на устойчивое развитие биосферы.

Только гармонические взаимоотношения между обществом и природой обеспечат их устойчивое развитие.

Задачи устойчивого развития. В 1987 г. Международная комиссия по окружающей среде и развитию опубликовала доклад «Наше общее будущее», в котором высказана идея экологически устойчивого развития цивилизации. Углубление и развитие эта идея получила на конференции ООН по окружающей среде в Рио-де-Жанейро (1992). В принятой на этой конференции программе «Повестка дня на XXI век» дана оценка развития цивилизации и сделан вывод о необходимости перехода человечества на путь *устойчивого развития*.

Понятие устойчивого развития включает признание как приоритетного права людей на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой и признание охраны природы как неотъемлемого компонента и условия устойчивого развития. Устойчивое развитие предполагает сохранение окружающей среды как для нынешнего, так и для будущих поколений. Высказанная идея устойчивого развития общества созвучна учению о ноосфере (сфере разума) и выступает как бы начальным этапом ее становления.

В документах, принятых на конференции в Рио-де-Жанейро (и поддержанных в Йоханнесбурге в 2002 г.), отмечено, что основным фактором перемен в окружающей среде является население, его потребление ресурсов и неудовлетворительные технологии. Поэтому в документах конференций 1992 и 2002 гг. предложены меры и программы для достижения устойчивого равновесия между потреблением ресурсов, ростом населения и способностью Земли поддерживать жизнь. Названы также технологии, безопасные для природы и позволяющие удовлетворять потребности людей при рациональном использовании природных ресурсов. Кроме того, выдвинута программа экологического просвещения населения стран мира, направленная на усвоение этических норм, ценностей, отношений, профессиональных навыков и поведения в природе, которые потребуются для обеспечения устойчивого развития человечества, сохранения жизни и ее многообразия для будущих поколений населения Земли. А для этого уже сегодня каждый человек должен знать

устройство биосферы — нашего общего дома — и учиться вести себя в этом доме по правилам общежития.

Человек должен понимать свое место в природе как компонента биосферы, хорошо знать, что ему недоступно и запрещено, предвидеть результаты своих действий в биосфере и в непосредственном природном окружении. Принципы «Не навреди», «Все связано со всем», «Природа знает лучше» и «За все надо платить» должны войти в мировоззрение каждого человека, стать основой его культуры и образа жизни.

Основываясь на этих принципах, человек должен отказаться от претензий на место царя природы, исторически сложившегося потребительского отношения к природе, чтобы взаимодействовать с ней экологически компетентно, учитывая пределы устойчивости биосферы. Только в этом случае можно ожидать устойчивого развития биосферы и человечества.



Человечество сможет выжить, только кардинально изменив стратегию своих взаимоотношений с биосферой, т. е. перейдя от природопокорительских мировоззрения и поведения к эколого-ноосферным.

1. Зачем человечество обратилось к экологии для решения проблем сохранения жизни на Земле?
2. Отчего земледелие и скотоводство, ставшие значимыми этапами в развитии человечества, сейчас характеризуются как факторы нарушения устойчивости биосферы?
3. Почему для достижения устойчивого развития биосферы обращаются к вопросам нравственности и культуры?

§ 15

Экологические факторы и их значение

Среды жизни организмов на Земле. Природа нашей планеты прекрасна и очень разнообразна. Это многочисленные озера, моря, реки, горы, равнины, болота, пустыни, леса, степи, и всюду протекает жизнь. Все огромное разнообразие природных условий, которое встречается в биосфере, называют *средой обитания* живых организмов.

Среда — это совокупность факторов, окружающих живые организмы и оказывающих на них прямое или косвенное воздействие. Из среды организмы получают все необходимые ресурсы для жизни и в нее же выделяют продукты своего обмена веществ. Среда, обеспечивающая возможность жизни организмов в биосфере, очень разнообразна. Напомним, что по качественно отличным комплексам условий, обеспечивающим возможность для жизни, различают четыре среды жизни: *водную, наземно-воздушную (сушу), почвенную и живой организм* (для паразитов и симбионтов).

Среда влияет на организмы посредством физических, химических и биотических воздействий. Каждые действия, качественно отличные от других, называют элементами действия среды или *факторами*. Те влияния среды, которые оказывают какое-либо воздействие на организмы, называют *экологическими факторами*.

Экологические факторы при воздействии на живые организмы могут являться раздражителями, вызывающими приспособительные изменения физических, биохимических и поведенческих функций; выступать ограничителями, обуславливающими невозможность существования в данных условиях; служить модификаторами, вызывающими анатомические и морфологические изменения организмов; проявляться сигналами изменений в качествах среды обитания, изменений других экологических факторов.

Экологические факторы среды. Все многообразие экологических факторов подразделяют на три большие группы – *абиотические, биотические и антропогенные*. Для любых факторов можно выделить три зоны их действия: оптимума, угнетения и смерти.

По своему действию экологические факторы могут оказывать угнетающее или стимулирующее действие. Это зависит от *силы* и *диапазона* (размаха) действия фактора. Действие фактора, близкое к пороговому (минимальному или максимальному), вызывает угнетение, а за порогом находится зона смерти, свидетельствующая о невозможности существования организмов в данных условиях. В оптимальном диапазоне (при наиболее благоприятных условиях) действие фактора обуславливает активность процессов жизни у организма, ускорение процессов роста и развития, увеличение численности вида и др.

Нормальная жизнедеятельность организмов возможна только при сочетании целого ряда экологических факторов. Если при благоприятном сочетании ряда факторов проявления одного фактора оказываются недостаточными (или, наоборот, избыточными), то он становится определяющим для нормальной жизнедеятельности организмов данного вида. Такой фактор называют *ограничивающим*. Возможность обитания организмов (популяций, видов) определяется наличием ограничивающих факторов.

Таким образом, существует зависимость интенсивности жизнедеятельности от степени выраженности любого фактора.

Абиотические факторы. Все элементы неживой природы, влияющие на жизнь организмов, относятся к абиотическим факторам. Среди них наиболее важными являются свет, температура, влажность, воздух, минеральные соли, рельеф, течение, магнетизм, радиация и др. Часто их объединяют в группы факторов: климатические, почвенные, геологические или химические и физические.

В природе трудно отделить действие одного абиотического фактора от другого, поэтому организмы всегда испытывают их совместное влияние. Например, солнечный свет, освещая поверхность какого-либо тела, одновре-

менно и нагревает его, а нагревание сопровождается иссушением влаги. Причем все это очень переменчиво и зависит от многих других факторов: рельефа местности, состояния атмосферы, движения воздуха (ветра), времени суток, сезона года, солнечной активности, присутствия растительности или крупного водоема и пр.

В жизни организмов свет имеет огромное значение, особенно для растений, так как только в условиях достаточной интенсивности освещения осуществляется фотосинтез. Продолжительность световой части суток имеет в жизни организмов сигнальное значение (пробуждение от зимней спячки животных и выход из состояния покоя растений, сезонные миграции, период размножения и др.). Сигнальное значение света обусловлено его повторяемостью на протяжении длительного времени из-за вращения Земли (по земной орбите вокруг Солнца и вокруг своей оси).

Вода (влага) также выступает необходимым фактором. Живых организмов, не содержащих воду, на нашей планете не найдено. Все процессы питания, дыхания, выделения (т. е. весь обмен веществ) протекают только при участии воды. Условия водного режима сказываются на внешнем облике организмов, их внутреннем строении, поведении, ритмах жизни и всех других процессах жизнедеятельности. По отношению к фактору влажности среди сухопутных организмов различают экологические группы: влаголюбивые, предпочитающие умеренную влажность и сухолюбивые. То же по отношению к температурному фактору — теплолюбивые, холодолюбивые, морозостойкие и жаростойкие. А по отношению к световому режиму среди растений различают светлюбивые, тенелюбивые и теневыносливые; животных обычно делят тоже на три группы: дневные, ночные и сумеречные.

Влияние абиотических факторов приводит к появлению приспособлений у организмов, сказывается на протекании физиологических процессов. Выражается оно также в изменении скорости роста и развития, продолжительности жизни и плодовитости. Абиотические факторы определяют границы распространения видов в биосфере и обуславливают входение в биогеоценозы.

Регулярность действия основных абиотических факторов способствует развитию приспособленности у организмов (видов) по отношению к этим факторам среды.

Биотические факторы. К этой группе экологических факторов относится всевозможное влияние растений, животных, грибов, бактерий и вирусов на живые организмы. Оно может быть как полезным (например, симбиоз гриба и водоросли, микориза, клубеньковые бактерии и др.), так и вредным (болезни, калечение, поедание организмов или их частей, соков и органов). В процессе эволюции у организмов выработалась приспособленность к совместному их обитанию в виде повадок (для нападения на жертву и для защиты от хищника, паразита), в виде особенностей внешнего и внутреннего строения тела, физиологических процессов, ритмов активности и расселения.

Подобные приспособления у организмов выработались только по отношению к постоянно действующим биотическим факторам. Они возникли исторически, при совместном существовании организмов на одних и тех же территориях.

Антропогенные факторы. Действие человека как экологического фактора в природе велико и чрезвычайно многообразно. В процессе своего существования он создал большое количество самых разнообразных культурных видов растений и домашних животных, воздвиг искусственные биогеоценозы и существенным образом преобразовал естественные природные комплексы. На многих территориях человек создал особые, иногда близкие к оптимальным, условия жизни для многих видов. Он сотворил и свою среду обитания.

Создавая громадное разнообразие сортов и видов растений и животных, человек способствовал появлению у них новых свойств, обеспечивающих им выживание в неблагоприятных условиях, в борьбе за существование с другими видами и невосприимчивость к воздействию патогенных организмов. При этом изменения, производимые человеком, для одних видов оказываются благоприятными условиями для размножения и развития, а для других — неблагоприятными и даже губительными. В итоге между видами возникают новые численные отношения, перестраиваются пищевые цепи, появляются приспособления, необходимые для существования организмов в измененной среде.

В характеристике антропогенных факторов различают *сознательные действия и случайные.*

Сознательно, например, человек создает высокопродуктивные и устойчивые к заболеваниям формы, расселяет одни, уничтожает другие, ненужные ему, но при этом часто происходит уничтожение целого ряда ценных видов.

К случайным относятся те воздействия, которые не были заранее предусмотрены и запланированы. Таких примеров немало: случайный завоз организмов с грузом, с пищевыми продуктами; распространение сельскохозяйственных вредителей, паразитов; непредвиденные последствия, вызванные сознательными действиями в природе (нежелательные явления при осушении болот, постройке плотин, распашке целины, выпасе скота, орошении, рубке леса, застройке территории и т. п.).

Эти и многие другие примеры свидетельствуют о противоречивом, чрезвычайно мощном и часто внезапном влиянии антропогенных факторов в живой природе, жизни самого человека и человечества, в существовании всей биосферы. Важно подчеркнуть, что на воздействие природных абиотических и биотических факторов, обычно носящих постоянный и циклический характер, у живых организмов имеются выработанные в процессе эволюции приспособительные свойства, тогда как *на многие антропогенные воздействия, обычно действующие внезапно и нерегулярно, у живых организмов таких приспособлений нет.* В этом тоже проявляются особен-

ности действия антропогенных факторов. Поэтому человек, планируя природопользовательскую деятельность, обязан предусмотреть все ее последствия.

В биосфере различают четыре качественно отличающиеся среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную. В каждой из них живые существа сталкиваются с комплексом экологических факторов, прямо или косвенно воздействующих на организмы. По отношению к абиотическим и биотическим факторам среды как постоянно действующим в биосфере у всех организмов в процессе эволюции вырабатываются приспособления. Этого не наблюдается по отношению к антропогенным факторам, так как они нерегулярны и часто неожиданны.

1. Какие группы влияний различают среди абиотических факторов?
2. Почему на действие абиотических и биотических экологических факторов у видов вырабатывается приспособленность к жизни в этих условиях?
3. Какие условия для жизни предоставляет организмам биосфера?

Подведите итог.**Что вы узнали о биосферном уровне живой природы?**

Проверьте себя

1. Когда возникла биосфера?
2. Из каких основных компонентов состоит биосфера?
3. Какие свойства биосферы В.И. Вернадский называл главными?
4. Какими свойствами обладает живое вещество?
5. В чем отличие теорий биогенеза от теорий абиогенеза?
6. Как могло возникнуть живое вещество на нашей планете?
7. Почему биосферу называют экосистемой?
8. Какую функцию выполняет биологический круговорот веществ биосферы?
9. Какие механизмы обеспечивают устойчивость биосферы?
10. Какую роль играет биосферный уровень в развитии живой материи?
11. Назовите условия, которые обеспечили возникновение живого на нашей планете.
12. Какие группы экологических факторов действуют в биосфере?

Из перечня условий исключите ошибочное

Условия, обеспечившие возникновение живого на нашей планете: сероводород, свободный кислород, электрические разряды, углерод, аммиак, вода, кремний.

Выберите верную дату

Международная конференция в Рио-де-Жанейро, на которой была принята «Повестка дня на XXI век», прошла в ... году.

- а) 1992; в) 1965; д) 1997.
б) 1993; г) 1982;

Выскажите свое мнение

1. Почему В.И. Вернадский всё многообразие живого населения биосферы назвал живым веществом?
2. Возможен ли процесс возникновения жизни в наше время?
3. Почему человек, наряду с биогеоценозами, считается компонентом биосферы?

Докажите верность или ошибочность утверждений

1. Изучением процессов жизни занимается общая биология.
2. Изучением взаимодействий организмов с другими организмами и с окружающей средой занимается наука экология.
3. Экосистема – это часть Земли, на которой существует жизнь.
4. Биологический круговорот веществ и энергии – важное свойство биосферы.
5. Биосфера – одна из глобальных экосистем.
6. Биологическая эволюция – важный этап в химической эволюции планеты Земля.
7. С разнообразием живого вещества связана устойчивость биосферы.
8. Биосфера – целостная саморегулируемая биосистема.
9. Главная функция биосферы как высшего уровня организации материи – сохранение многообразия живого мира на Земле.

Обсудите проблему

В XIX в. в стихотворении «Три пальмы» М.Ю. Лермонтова видели аллерию неблагодарности людей за содеянное добро. А как это стихотворение воспринимаете вы? Возьмите том Лермонтова и внимательно прочитайте стихотворение полностью. Какие ассоциации вызывает оно сегодня?

Напомним его некоторые строки:

В песчаных степях аравийской земли
Три гордые пальмы высоко росли.
Родник между ними из почвы бесплодной,
Журча, пробивался волною холодной...
<...>

Когда же на запад умчался туман,
Урочный свой путь совершал караван,
И следом печальным на почве бесплодной
Виднелся лишь пепел седой и холодный;
И солнце остатки сухие дожгло,
А ветром их в степи потом разнесло.

И ныне всё дико и пусто кругом –
Не шепчутся листья с гремучим ключом:
Напрасно пророка о тени он просит –
Его лишь песок раскаленный заносит...
<...>

Основные понятия

Биосфера, живое вещество, косное вещество, биокосное вещество, экосистема, биологический круговорот веществ, поток энергии, биогенез, абиогенез, химическая эволюция, биологическая эволюция, ноосфера, биологическое разнообразие, ароморфоз, автотрофы, гетеротрофы, прокариоты, эукариоты, устойчивость, биосферный структурный уровень живой материи, загрязнение окружающей среды, экология, экологические факторы (абиотические, биотические, антропогенные).

Глава 3

Биогеоценотический уровень жизни

Изучив материалы главы, вы сумеете охарактеризовать:

- основные свойства и значение биогеоценотического структурного уровня организации живой материи;
- биогеоценоз как биосистему и как экосистему;
- основные механизмы устойчивости биогеоценоза;
- причины смены биогеоценозов;
- роль биогеоценозов в эволюции живых организмов.

§ 16

Биогеоценоз как особый уровень организации жизни

Биогеоценоз как часть биосферы. На уровне биосферы как целостной биосистемы осуществляется всеобщая функциональная связь живого вещества с неживой природой. В этом процессе значимыми структурными компонентами биосферы являются биогеоценозы. Они осуществляют эту связь и реализуют отдельные биогеохимические циклы общего биологического круговорота веществ в биосфере.

Биогеоценоз (греч. *bios* – «жизнь»; *gē* – «земля»; *koinos* – «общий», «совместный») – это открытая живая система (биосистема), эволюционно сложившаяся из разных видов микроорганизмов, растений и животных, совместно заселяющих определенные места обитания. Для биогеоценоза характерны устойчивость, целостность и единство, которые поддерживаются с помощью биологического круговорота веществ.

Биогеоценозы входят в состав биосферы как ее части. Но на своем, *биогеоценотическом, уровне* они выступают как самостоятельные, целостные единицы жизни.

Биосистемам определенного уровня присущи свои, уникальные законы, свойственные только этому уровню отношения взаимодействующих компонентов. Биосистемы всех уровней имеют в своей структуре один и тот же материальный субстрат – живое вещество и неживую материю. Однако специфичность связей и отношений, существующих между отдельными компонентами этого субстрата, создает своеобразие свойств и явлений у биосистем того или иного уровня. В биосфере связи и отношения строятся между биогеоценозами и средой. В биогеоценозе связи и отношения строятся между различными видами (точнее, между популяциями данных видов) и окружающей их средой. В этом проявляется качественное различие между такими биосистемами, как биосфера и биогеоценоз. При этом биогеоценозы в биосфере проявляют себя как части целого.

Особенности биогеоценотического уровня жизни. Рассмотрим особенности биосистем биогеоценотического уровня, проявляющиеся в таких общих характеристиках всех систем, как структура, процессы, организация, значение и роль в природе.

Основными структурными компонентами биогеоценоза как особой биосистемы выступают биотоп и биоценоз.



Каждый биогеоценоз отличается от других своим особым биотопом и соответствующим ему биоценозом.

Биотоп (греч. *bios* – «жизнь»; *topos* – «место»), или местообитание, – это однородное по условиям жизни пространство, занятое определенной совокупностью популяций (видов) растений, животных, грибов, бактерий. Биотоп представляет собой внешнюю среду – комплекс абиотических условий обитания, в том числе ресурсы (пища, укрытие) для населения.

Биоценоз – это совокупность (сообщество) живого населения, размещающегося в биотопе. Биоценоз характеризуется определенным составом и количеством видов, сложившимися взаимоотношениями как между видами, так и со средой. Все виды в биогеоценозах существуют в форме популяций.

Все живое население биоценоза делится на три основные функциональные группы: *продуценты*, *консументы* и *редуценты*. В составе этих трех различных по эколого-функциональным свойствам групп находятся популяции многих видов, специфичных для каждого конкретного биогеоценоза. Их взаимодействие между собой и с окружающей средой обеспечивает биогеоценозу его целостность и единство.

Назовем *главнейшие процессы*, характеризующие биогеоценоз: 1) круговорот веществ и поток энергии, обеспечивающие саморегуляцию и устойчивость биосистемы, ее организацию; 2) продуцирование биомассы, поддерживающей существование видов; 3) распределение множества популяций в пространстве и во времени; 4) регулирование численности видов и связанное с этим поддержание динамической устойчивости биосистемы как целостности.

Организация характеризуется прежде всего сложностью структуры биогеоценоза, обусловленной большим разнообразием видов, входящих в биосистему; устойчивостью связей и зависимостей между видами и со средой, основанных на пищевых, пространственных, средообразующих взаимоотношениях видов и энергетике.

Значение биогеоценотического уровня. Роль биогеоценозов в природе заключается в создании благоприятных условий для существования огромного разнообразия взаимодействующих видов и в поддержании непрерывного биологического круговорота веществ с учетом многообразия конкретных природных условий в биосфере.

Многообразие биогеоценозов, их история и длительность существования отражают развитие (эволюцию) биосферы.

Каждый биогеоценоз имеет определенную область и границы распространения. Но на поверхности земного шара фактически нет мест без природных сообществ. Они имеются и на огромных глубинах в придонных слоях, и в толще океанов, и в почве, и в высокогорьях близ ледников, и в пустынях, и в высоких широтах, и на экваторе. Природные сообщества различаются между собой по видовому составу, сложности строения. Главным свойством биогеоценоза всегда является наличие круговорота веществ и потока энергии, осуществляемых живым населением, которое способно жить в данных конкретных условиях среды.

Жизнь в форме биогеоценозов охватывает почти все возможные комплексы условий внешней среды. В этом выражается *главная роль и стратегия* биогеоценотического уровня жизни в природе.



Основная стратегия жизни на биогеоценотическом уровне — активное использование всего многообразия возможностей сред жизни на Земле в создании благоприятных условий развития и процветания организмов во всем их разнообразии.

Все вместе многообразные биогеоценозы, взаимодействуя между собой, образуют целостный биогеоценотический покров Земли. Присущие биогеоценозам своеобразные биогеохимические циклы движения веществ и энергии объединяются в единую систему глобального биологического круговорота, обеспечивающую динамическую устойчивость биосферы.

Поэтому поддержание уникальных свойств биогеоценозов, сохранение их многообразия в настоящее время является необходимым условием устойчивого развития жизни на нашей планете.

1. Сравните биогеоценотический уровень организации живой материи с биосферным уровнем.
2. Поясните, почему биогеоценозы называют многовидовыми надорганизменными биосистемами.
3. Закончите фразу, выбрав нужную характеристику.
 - Основным процессом, организующим биогеоценоз, является...
 - а) разнообразие популяций и видов;
 - б) изменение численности популяций;
 - в) круговорот веществ и поток энергии;
 - г) создание биомассы.

Свойства биогеоценоза. На любом участке земной поверхности имеются разнообразные организмы, которые, живя вместе, образуют единую биосистему – *природное сообщество*. Все члены этого сообщества обладают приспособленностью к совместной жизни. Эта приспособленность выражается в одинаковых требованиях к условиям среды обитания и сходстве разнообразных межвидовых связей и взаимоотношений, возникающих при совместном обитании популяций разных видов в данном пространстве. Напомним, что биогеоценоз представляет собой совокупность растений, животных, бактерий, грибов и условий окружающей их среды на какой-то конкретной территории. Состав видов в биогеоценозе не является случайным, а определяется возможностью условий среды для непрерывного поддержания потока веществ, обеспечивающего устойчивое существование этой биосистемы.

Биогеоценоз является эволюционно сложившейся формой организации живого населения в биосфере и представляет собой многовидовую надорганизменную живую систему, в которую входят представители различных царств, связанные многими типами пищевых и территориальных отношений как между собой, так и с абиотической средой.

Биогеоценозу присущи целостность и саморегуляция процессов, обусловленные взаимодействием разнообразных связей. Важнейшие взаимоотношения населения биогеоценоза – средообразующие, пищевые и территориальные (пространственные). При этом все формы *устойчивых* взаимоотношений в биогеоценозе устанавливаются не на уровне видов или отдельных особей, а на уровне популяций видов, входящих в состав этого сообщества. Стабильный характер таких отношений представляет собой результат совместных приспособлений, выработанных в процессе длительного сосуществования видов в составе биогеоценоза.

Учение о биогеоценозе. Его создал отечественный ученый-ботаник и эколог академик В.Н. Сукачев. Начав разрабатывать это учение еще в 20-х гг. XX в., он сформулировал в 1942 г. основные его положения. В.Н. Сукачев доказал, что биогеоценоз является важной функциональной единицей живой природы, биосистемой, в которой осуществляется тесное взаимодействие двух ее значимых частей – комплекса живых организмов (*биоценоза*) и комплекса условий внешней среды, во многом созданных самим живым населением (*биотопа*).

Это взаимодействие биоценоза и биотопа осуществляется в форме круговорота веществ. Совокупность зеленых растений биогеоценоза (*фитоценоз*), поглощая солнечную энергию и осуществляя фотосинтез, образует органические вещества, которые служат пищей комплексу различных животных (*зооценоз*), а совокупность микроорганизмов (*микробоценоз*) разрушает органику, возвращая неорганические соединения в окружающую среду.

Таким путем, базируясь на пищевых взаимоотношениях видов, в биогеоценозе идет постоянное движение веществ и энергии от окружающей неорганической среды к живым организмам и от них снова в абиотическую среду. Возникающие при этом круговорот веществ и поток энергии, специфичные для каждого биогеоценоза, вливаются в общий глобальный круговорот веществ и поток энергии биосферы.



Владимир Николаевич Сукачев (1880–1967), академик, ученый-ботаник, дендролог (лесовед), болотовед и географ. Основатель науки биогеоценологии



Артур Джордж Тенсли (1871–1955), английский ботаник, создатель учения об экосистемах

Учение об экосистеме. В нашей стране и за рубежом исследования совокупности растений, животных, грибов и микроорганизмов, которые взаимодействуют между собой и с окружающей средой, шли в какой-то мере параллельно. Только в трудах отечественных ученых эта совокупность называлась биогеоценозом, а в работах зарубежных биологов – экосистемой. Термин «экосистема» ввел в 1935 г. английский ботаник А. Тенсли. По его определению, экосистема – это комплекс организмов и физических факторов окружающей среды, функционирующий за счет обмена веществ и потока энергии. Совокупность популяций и абиотические факторы внешней среды влияют друг на друга, и это влияние необходимо для поддержания целостности биогеоценоза, поэтому его часто называют экосистемой.

Обычно биогеоценозами именуют сухопутные природные сообщества, а водные – называют водными экосистемами.

Сопоставляя определения, можно видеть, что «экосистема» в понимании ученых Запада есть то же самое, что «биогеоценоз» для многих биологов и экологов нашей страны. Однако в трактовке терминов имеются некоторые отличия. Считается, что содержание понятия «биогеоценоз» отражает преимущественно *конкретные структурные характеристики* изучаемой биосистемы, тогда как понятие «экосистема» выражает ее *функциональную сущность*. Так, термином «биогеоценоз» обозначают природный комплекс живых организмов и условий среды конкретного участка земной поверхности, границы которого можно даже нанести на карту. Биогеоценоз конкретен, ему присваивают имя по преобладающим в сообществе видам, например: «ельник кисличный» или «ельник черничный», «березняк бруснично-марьянниковый», «разнотравно-злаковая степь» и пр. Термином «экосистема» называют любую по величине совокупность живых организмов и условий

среды, в которой может осуществляться круговорот веществ между живой и неживой частями, независимо от того, на каком конкретном участке поверхности Земли это происходит. Экосистемы различаются по величине: макроэкосистема – это, например, таежный лес, мезоэкосистема – это, например, ельник, пихтовый лес, березняк, а микроэкосистема – это трухлявый пенек в лесу, аквариум с живым населением. Самой крупной экосистемой считается биосфера.

В настоящее время биогеоценоз считается основной структурной единицей живого покрова суши в биосфере, а экосистема – основной функциональной единицей живой природы.

Поскольку оба эти термина, «биогеоценоз» и «экосистема», хотя и несколько с разных сторон, характеризуют всегда одно и то же природное явление живой материи – природное сообщество, то очень часто оба эти термина используются как синонимы, в частности и в нашем учебнике.

1. Охарактеризуйте понятия «биоценоз», «биогеоценоз», «экосистема», «биосистема».
2. Поясните, какое значение для эволюции видов имеет их совместное существование в биогеоценозе.
3. Назовите и охарактеризуйте три основные группы организмов, образующих экосистему.
4. На примере конкретной экосистемы поясните, какие организмы (продуценты, консументы, редуценты) для нее более значимы.

Трофическая структура биогеоценоза. Биогеоценоз – это эволюционно сложившийся комплекс популяций различных видов, обладающий определенными типами взаимодействий как между организмами, так и с окружающей абиотической средой.

Среди взаимодействий между организмами наиболее существенными являются *пищевые*, или *трофические* (греч. *trophe* – «питание»), *связи*: потребление питательных веществ организмами одних видов организмами других видов. На этих трофических связях основывается структура биогеоценоза (экосистемы). В нем четко различаются компоненты, продуцирующие органические вещества автотрофным способом, и компоненты, включающие эту продукцию (биомассу и энергию) в цепи питания консументами и редуцентами.

Ряды, в которых можно проследить пути расходования продукции биомассы и заключенной в ней энергии, называют *цепями питания*. Цепи питания, начинающиеся с фотосинтезирующих видов, называют *цепями выедания* (или *пастбищными*), а цепи, начинающиеся с отмерших остатков организмов, – *цепями разложения* (или *детритными*). Так, в цепи питания на первой ступени

находятся растительноядные организмы, или фитотрофы (листоеды, корнееды, зерноядные, питающиеся нектаром, плодами и пр.), на следующей за ней — плотоядные (хищники и паразиты). Детритные цепи обычно начинаются с опавшей мертвой органической массы. Поэтому на первой ступени здесь находятся сапротрофы первого и второго порядков (дождевые черви, бактерии, грибы и др.).

Сложные пищевые связи между видами в биогеоценозе, реализуемые цепями питания, создают сложную многовидовую *сеть питания*, которая фактически соединяет воедино все население биогеоценоза. По положению видов в пищевой цепи различают трофические уровни экосистем. Первый трофический уровень занимают продуценты — различные автотрофные организмы, главным образом зеленые растения. Второй трофический уровень занимают растительноядные консументы и некоторые редуценты. Консументы, поедающие травоядных животных (т. е. хищники), составляют третий трофический уровень, хищники, питающиеся хищниками, — четвертый трофический уровень, а паразиты хищников — пятый.

В каждый трофический уровень обычно входит несколько видов. Например, в лесном природном сообществе группу продуцентов (первый трофический уровень) составляют многочисленные автотрофные виды древесных и кустарниковых пород, кустарничков, трав, мхов, папоротников, лишайников и даже водорослей (на стволах деревьев размещаются многие виды одноклеточных зеленых водорослей). Все эти виды, улавливая солнечную энергию, путем фотосинтеза создают массу органического вещества, которая называется *первичной продукцией*. Она служит источником питательных веществ и энергии для других трофических уровней видов-консументов и видов-редуцентов, биомасса которых является *вторичной продукцией*.

Передача живого вещества, т. е. биомассы, с одного трофического уровня на другой, вышележащий, сопряжена с большими потерями вещества и энергии. Подсчитано, что с нижележащего уровня на каждый следующий, вышележащий, трофический уровень переходит никак не более 10% заключенной в биомассе энергии. Эта закономерность, получившая название *правило 10%*, ограничивает длину цепей питания и определяет уменьшение продукции биомассы и энергии по мере продвижения по трофическим уровням.

Закономерность уменьшения биомассы и энергии при переходе от первого трофического уровня к последующим называют *правилом экологических пирамид*, а графическое изображение структуры биомассы и энергии сообщества именуют *экологической пирамидой*.

Пищевые связи объединяют между собой все население биогеоценоза. При этом популяции взаимодействующих видов выработали в процессе эволюции сложные приспособительные особенности — адаптации, обеспечивающие им устойчивое существование и взаимодействие друг с другом.

Пространственные связи в биогеоценозе. Другим важным взаимодействием между видами в биогеоценозе являются *пространственно-территориаль-*

ные связи. Все популяции видов для своей жизнедеятельности требуют определенной территории, где они собирают пищу и находят убежище. При этом они располагаются не только по земной поверхности, т. е. по горизонтали, но и по вертикали. Это особенно четко выражено в наземных природных сообществах, для которых характерно *ярусное строение (ярусность)*. Например, в лесных, луговых, степных и прочих сообществах живые организмы размещаются в почве, на почве и высоко над ней, т. е. по *ярусам*.

Одни деревья располагают свои кроны ветвей и листьев на высоте 15–20 м, а то и выше (это первый ярус). Под ними располагаются кроны других пород деревьев (второй ярус), под ними еще ниже размещаются кроны кустарников (третий ярус), затем травы и кустарнички, еще ниже — мхи, лишайники (другие ярусы). Также по ярусам в почве размещаются подземные части растений и многочисленное население животных, грибов и бактерий. Самый глубокий — первый подземный ярус — занимают корни деревьев и кустарников, самый верхний — третий — занят ризоидами мхов, корнями некоторых трав и гифами грибов. По всем надземным и подземным ярусам размещаются поселившиеся в них мелкие и крупные животные.

Количество надземных и подземных ярусов в разных биогеоценозах неодинаково. В сообществах с благоприятными условиями внешней среды ярусов больше. Например, широколиственный лес дубрава в своем строении имеет 5, иногда 6 надземных ярусов и 3–4 подземных, тогда как хвойный лес ельник имеет не более 3 надземных ярусов. Луговые и степные биогеоценозы обычно развивают 3 надземных яруса из трав. Некоторые тропические леса имеют 7–8 ярусов, большую часть которых составляют древесные виды растений (рис. 17).

Способность биогеоценоза обеспечивать нормальную жизнедеятельность различных видов (их размещение и питание) зависит от возможности ресурсов в комплексе условий среды обитания, т. е. от возможностей биотопа. Такая возможность доступных ресурсов (для питания, укрытия и размножения) называется *емкостью биотопа*. Она обуславливает меру числа популяций видов, которые могут использовать данный комплекс условий на определенной территории без ее нарушения.

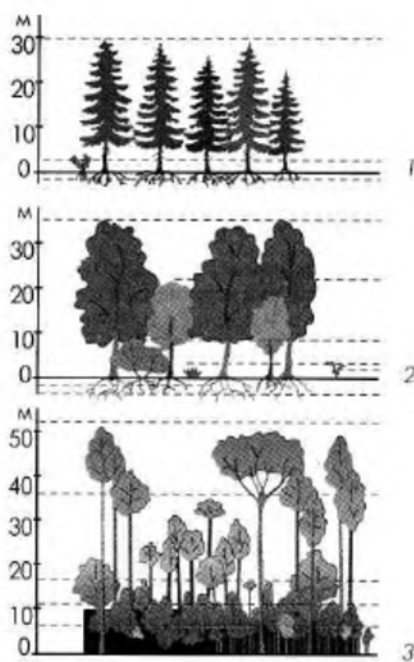


Рис. 17. Ярусное расположение растений в разных биогеоценозах: 1 — ельник; 2 — дубрава; 3 — тропический лес

Чем выше емкость биотопа, тем больше видов размещаются и нормально существуют в биогеоценозе.

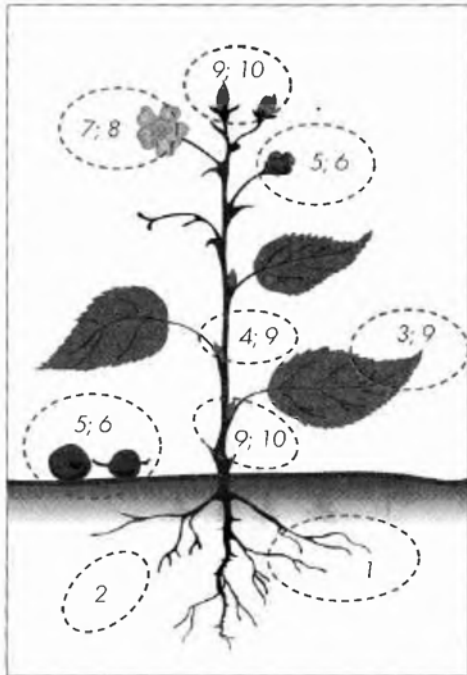


Рис. 18. Экологические ниши популяций видов, специализирующихся на цветковом растении: 1 – корнееды; 2 – экскриотрофы; 3 – листоеды; 4 – стволоеды; 5 – плодоеды; 6 – семяеды; 7 – цветоеды; 8 – пыльцееды; 9 – сокососы; 10 – почкоеды

Понятие экологической ниши. Длительное совместное существование многочисленных видов и их популяций, обитающих в биогеоценозе, привело к эволюционному развитию у них такой системы взаимоотношений, при которой каждый вид занимает свое особое функциональное и пространственное место в составе населения. Такое положение популяций вида в биогеоценозе называют его *экологической нишей*.

По выражению известного английского эколога Чарлза Элтона, экологическая ниша – «это место в живом окружении, отношение вида к пище и к врагам». Термином «экологическая ниша» обозначается функциональное участие вида в биогеоценозе, его «профессия», специализация по характеру пищи и способам ее добычи, по типу размещения в сообществе, времени суточной и сезонной активности, которые ограничиваются другими видами. Многообразие экологических ниш в природном сообществе свидетельствует не только об экологическом многообразии видов, но и о емкости биотопа, о наличии в нем ресурса, который может быть использован тем или иным видом.

Экологическая ниша отображает функциональное участие видов в системе биотических связей биогеоценоза.

Понятие экологических ниш очень важно для понимания законов совместной жизни видов в сообществе.

Например, любое растение, принимая то или иное участие в сложении биоценоза, обеспечивает существование целого ряда экологических ниш. Среди них могут быть ниши, охватывающие популяции видов, питающихся тканями корней (корнееды), древесины (стволоеды, короеды) или тканями и соками листьев (листоеды

и сокососы), цветами (цветоеды), плодами и семенами (плодоеды, семяеды), выделениями корней (экрисотрофы) и др. (рис. 18). В саваннах Серенгети различные виды травоядных поедают траву на разной высоте. Гну кормятся тем, что оставляют им зебры; самая низкая трава служит пищей газелям; высокие сухие стебли, которыми пренебрегают остальные травоядные, поедают антилопы топи.

Совместная жизнь многих видов в определенных условиях сообщества создала в процессе эволюции комплекс видовых приспособлений не только в питании, но и в общем облике организмов, в их образе жизни, особенно у неподвижных организмов, занимающих одинаковые экологические ниши (рис. 19). Приспособления, выражающие морфобиологическое сходство у неродственных видов, называют *жизненными формами*.

Известный отечественный ботаник и эколог Иван Григорьевич Серебряков (1914–1969) разработал систему жизненных форм растений, в которой не только отобразил различные группы жизненных форм, но и показал их эволюционное происхождение и расселение по поверхности земного шара. Им выделены 4 группы жизненных форм: древесные растения, полудревесные, наземные травы и водные травы. В каждой группе представлены разные типы и виды жизненных форм. Другой наш крупный ученый — Даниил Николаевич Кашкаров (1878–1941) создал классификацию жизненных форм животных. В определении их групп он основывался на учете мест обитания животных, способов передвижения и добычи пищи (водные, полуводные, роющие, наземные и воздушные).







Корнееды	Стволоеды	Листоеды	Сокососы	Пыльцееды	Семяеды
					
Нематоды, личинки жуков (хрущей, щелкунов, неристелок и др.)	Личинки и взрослые жуки (усачи, долгоносики и др.)	Личинки (шелкопрядов, пядениц, бабочек), жуки (листоеды и др.)	Тли, клопы, цикады и др.	Пчелы, осы, жуки-бронзовики и др.	Белки, мыши, птицы и др.

Рис. 19. Экологические ниши животных, питающихся растительной биомассой

Специализация видов, выраженная в экологической нише и жизненной форме, позволяет разместиться и нормально существовать огромному количеству видов на сравнительно небольшой поверхности, занятой биогеоценозом. Такая специализация совместно обитающих видов, выработавшаяся в процессе эволюции, обеспечивает им снижение конкуренции и придает устойчивость биогеоценозу.

1. Какое значение для эволюции видов имеет их совместное существование в биогеоценозе?
2. Сохранится ли устойчивость биогеоценоза, если из его структуры выпадут виды какого-то трофического уровня?
3. Проверьте правильность утверждений.
 - Многообразие экологических ниш в природном сообществе свидетельствует о наличии в нем того или иного ресурса, который может быть использован кем-то.
 - Подсчитано, что с нижележащего уровня на каждый следующий, вышележащий, трофический уровень биомасса переходит с заключенной в ней энергией.
4. Смоделируйте состояние экосистемы «Пруд» с карасями, окунями и щуками, если из него путем отлова будут полностью удалены щуки.

Лабораторная работа № 1 (см. *Приложение*, с. 202).

§ 19

Совместная жизнь видов в биогеоценозе

Типы связей и зависимостей в биогеоценозе. Все связи и зависимости в биогеоценозе осуществляются в форме взаимодействия его конкретных видов. Эти отношения между видами складывались на протяжении длительного времени исторического развития экосистем. В результате у совместно обитающих видов сформировались *взаимно приспособительные свойства* (коадаптации).

Например, для перекрестного опыления цветков растение стало вырабатывать ненужный для него самого нектар, но именно из-за нектара насекомые (пчелы, бабочки, шмели) и некоторые животные посещают цветки. Собирая нектар, они переносят при этом пыльцу с одного цветка на другой. Также известны примеры, когда жабы, лягушки и другие амфибии с помощью ядовитой или жгучей слизи, выделяемой кожей, спасают себя от поедания хищниками, поскольку последние хорошо распознают и обходят стороной ядовитых обитателей биогеоценоза.

Многие животные выделяют специальными железами ядовитые вещества. При этом у некоторых видов формирование способности выделять ядовитые или резко пахнущие вещества для защиты сопровождалось образованием окраски, отпуги-

вающей (предостерегающей) хищников, что уменьшало возможность гибели особей такого вида. Интересно, что у некоторых обитателей биоценоза возник и такой способ защиты, как *подражательность окраски и форм тела, или мимикрия* (греч. *mimikos* — «подражательный»). Путем мимикрии неядовитые виды становятся похожими по окраске и форме на ядовитые (рис. 20, 21). Выработавшаяся привычка хищников обходить ядовитые виды оказывалась полезной и для мимикрированных особей неядовитых видов.

Формирование в процессе эволюции покровительственной окраски и формы тела у животных широко представлено во всех группах животного мира (рис. 22) и является результатом биоценотических отношений.



Рис. 20. Подражательное сходство формы тела и окраски незащищенных видов с защищенными: 1 — несъедобная бабочка геликонида; 2 — подражающая ей бабочка пиерида; 3, 4 — бескрылые мухи с острова Кергелен

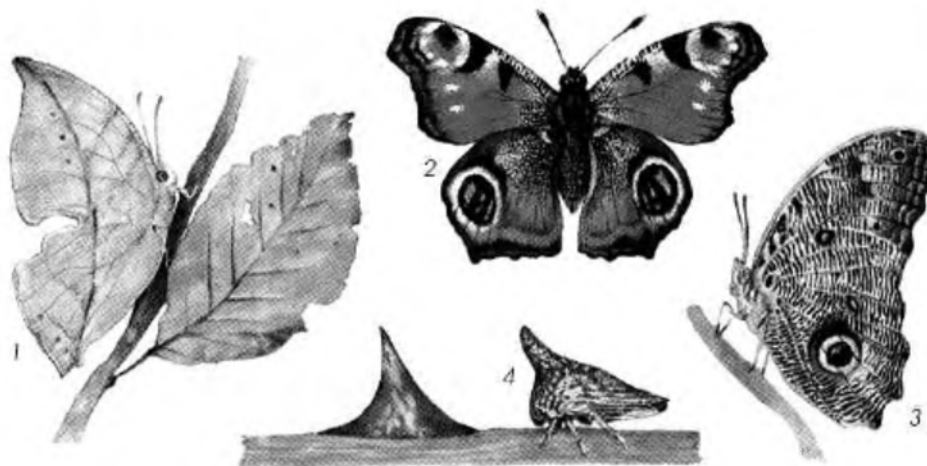


Рис. 21. Подражательное сходство незащищенных видов у насекомых с предметами окружающей среды и растениями: бабочка со сложенными крыльями, похожая на лист (1); бабочка павлиний глаз (2) и бражник глазчатый (3), имеющие на крыльях рисунок, похожий на глаза животных; клоп-колючка, внешне напоминающий по размерам и форме колючку растения (4)

Взаимные адаптации в биогеоценозе. Способы привлечения опылителей и защиты от врагов — это примеры адаптаций, выработавшихся у популяций видов в связи с существованием в сообществе с другими, рядом находящимися видами. При этом приспособительные свойства появились не только у растений, привлекающих опылителей, но и у самих животных-опылителей. У последних развились способности находить данное растение среди других, особым образом доставать нектар (специально для того приспособленным ротовым аппаратом, соответствующим строению цветка), вырабатывать определенные ферменты для переваривания данной пищи и т. д. Все это примеры взаимной адаптации растений и животных, сложившейся в результате длительных трофических связей в сообществе.



Сформировавшиеся в условиях биогеоценозов взаимные адаптации обеспечивают большую устойчивость существования взаимодействующих популяций и видов.

Взаимные (встречные) адаптации — чрезвычайно распространенное явление в живом мире. Взаимные адаптации (коадаптации) появились у разных видов в процессе совместного длительного существования в сообществах.

Многие коадаптации сформировались на основе прямых трофических связей. Распространение плодов и семян с помощью животных — обычный способ расселения растений, т. е. организмов, ведущих прикрепленный (непо-

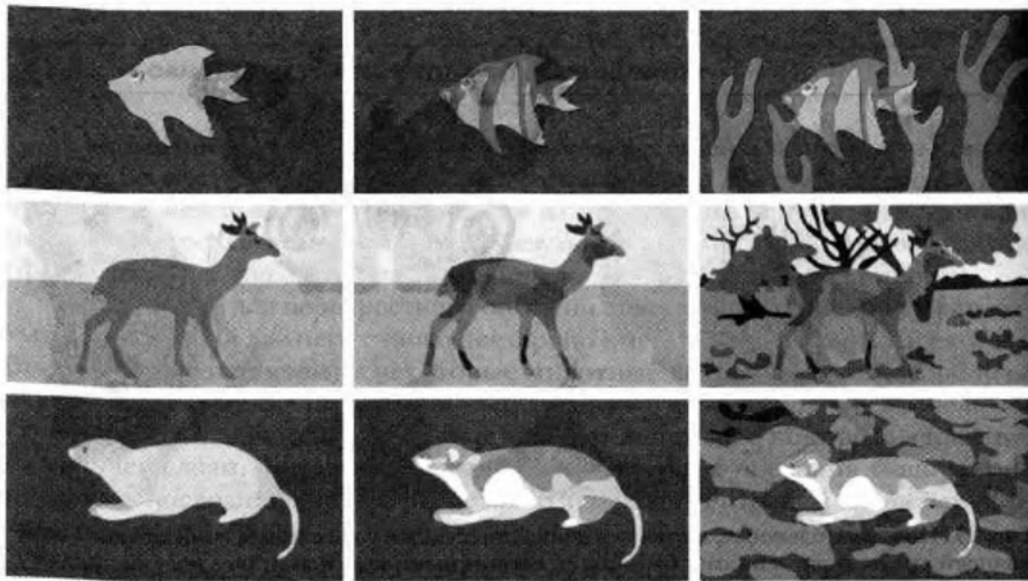


Рис. 22. Покровительственная окраска у животных, созданная естественным отбором в единстве с окружающей средой

движный) образ жизни. Разные виды птиц (сойка, кедровка) и млекопитающих (бурундук, белка) делают запасы семян на зиму. Несъеденные семена весной прорастают. Распространение семян происходит через поедание животными плодов. При этом значительная часть семян, попав в пищеварительную систему животного, гибнет, но некоторые, пройдя сквозь кишечник, остаются неповрежденными и, попав в почву, прорастают. Установлено, что семена многих ягодных растений леса (вороника, голубика) прорастают лишь в тех случаях, когда они пройдут сквозь кишечник птиц или животных и с их экскрементами попадут в почву.

Большинство видов травянистых растений в лесных биогеоценозах умеренного климата распространяют муравьи. Например, чистотел, копытень, ожика, фиалка, хохлатка, кандык, гусиный лук, пролеска на семенах имеют особые богатые маслом или сахаристые выросты — присемянники, или элайосомы (греч. *elaion* — «масло»; *soma* — «тело»), которые служат для муравьев приманкой. Муравьи несут добычу к себе в жилище. Откусив питательные выросты, они бросают семена (иногда по пути к муравейнику) и так осуществляют распространение этих растений. У марьяника дубравного (это растение часто называют иван-да-марья) белые продолговатые семена по форме напоминают муравьиные коконы, и муравьи тащат их в муравейник, а затем эти же семена, но уже потемневшие и созревшие, выбрасывают при уборке как ненужные. Так же выбрасываются и семена со съеденными присемянниками. В результате муравьи могут удалить семена от материнского растения на расстояние нескольких десятков метров. То же делают муравьи и со спорами некоторых видов грибов.

Взаимоотношения хищника и жертвы, паразита и хозяина, обеспечившие развитие в процессе эволюции противоположно направленных коадаптаций (проявляющихся в строении тела, повадках, ритме жизни взаимодействующих видов), также являются результатом различных (преимущественно трофических) связей в биоценозах.

Козволюционные связи в биогеоценозе. Все приспособительные свойства видов, отражающие их биоценотические связи, возникли в сообществе в процессе длительной эволюции и с помощью естественного отбора. Важно отметить, что эти взаимодействия реализуются только на уровне популяций. Именно популяция накапливает «опыт» общения с другими видами (например, результатов поедания непригодной пищи или посещения ненужного цветка) и, «жертвуя» частью особей, устанавливает определенную устойчивую форму отношений с популяциями других взаимодействующих видов сообщества.

Только на уровне популяций осуществляется выработка коадаптаций в процессе совместной эволюции видов.

С помощью естественного отбора совместная эволюция (*коэволюция*) трофически связанных популяций приводит к выработке противоположно

направленных коадаптаций у организмов, предоставляющих пищу, и организмов, потребляющих эту пищу. Козволюционным путем в биогеоценозах устанавливались и многие другие, помимо трофических, биоценотические связи между популяциями различных видов: размещение в пределах сообщества; вхождение в ту или иную экологическую нишу; формирование жизненной формы; выработка определенного образа жизни и проявление активности в течение суток или сезона и др.

Многообразие связей в биогеоценозе. Суммируя все многообразие биоценотических связей, надо отметить, что в итоге коэволюции одни виды при взаимодействии с другими видами получают пользу для существования, другие – вред, для третьих эти связи являются несущественными. Если обозначить пользу, получаемую видом при взаимодействии, знаком «плюс» (+), вред, получаемый видом, – знаком «минус» (–), а безразличное влияние – цифрой «ноль» (0), то на схеме можно увидеть большое разнообразие биотических связей в биогеоценозе. Одни из этих связей – взаимнополезные «+ +», другие – полезнейтральные «+ 0», третьи – полезновредные «+ –», четвертые – взаимновредные «– –» (рис. 23). (Подробнее см. дополнительный материал на с. 90–93.)

Зная тип связи между видами, можно предположить, что произойдет с этими видами при нарушении, разрыве исторически сложившихся взаимных отношений. При разрушении взаимнополезных связей виды могут погибнуть или выпасть из данного биогеоценоза. Нарушение сложившихся взаимно-



Рис. 23. Многообразие связей в биогеоценозе

вредных связей на какое-то время улучшит жизнедеятельность каких-то видов, а нарушение полезнейтральных отношений будет незаметным для одного вида, но приведет к существенному ухудшению существования другого вида. Все эти нарушения связей не остаются в биогеоценозе незамеченными и могут привести сообщество к потере его устойчивости. Скорректировать такую негативную ситуацию способен лишь тот биогеоценоз, в котором обитает множество видов, способных заменить или дополнить сходным образом нарушившиеся биоценотические взаимосвязи.



Разнообразие видов – важнейшее условие устойчивого существования биогеоценоза в пространстве и во времени.

1. Поясните, в чем различие понятий «коадаптация» и «коэволюция».
2. Охарактеризуйте роль биогеоценоза в эволюции видов.
3. Назовите типы связей, отраженные дедом Ч. Дарвина – Эразмом Дарвином в поэме «Храм природы»:

...Орел, стремясь из-под небес стрелюю,
Грозит голубке слабой смертью злою;
Голубка ж, как овца, опять должна,
Кормясь, губить ростки и семена.
<...>
Злой овод в теле лошади, быка,
Оленя поселяет червяка;
Червь роется, грызет под теплой кожей
И, выросши, на свет выходит Божий.

Приспособления видов к совместной жизни в биогеоценозах

Взаимнополезные связи. Жизнь организмов в сообществах началась с момента появления первых живых существ на Земле. Этот факт в процессе эволюции обусловил многие качества видов. Как показывают исследования, большинство свойств, полезных для вида и его особей, выработались коэволюционным путем, т. е. в результате сопряженного взаимодействия между видами, совместно обитающими в общем биотопе.



Межвидовые отношения в конкретных биогеоценозах реализуются через сложные формы взаимодействия популяций разных видов.

В основе всех взаимоотношений, выработавшихся в процессе совместной жизни популяций, лежат трофические и территориальные связи при использовании ресурсов среды. Такие отношения могут иметь негативный характер (взаимное исключение) или быть взаимнополезными (взаимное привлечение).

Типы биотических связей в природе представлены большим разнообразием форм межвидовых отношений (обратитесь вновь к рис. 23). Среди них борьба за существование, соперничество за свет, влагу и минеральное питание; химическое подавление активности различных видов растений, животных или микроорганизмов; хищничество; паразитизм; непосредственные агрессивные встречи животных в борьбе за пищу, территорию или укрытие. Все это прямо или опосредованно влияет на численность популяций, состояние их особей и общее благополучие видов в сообществе (возможность добыть пищу, активно размножаться и захватывать новое пространство).

Многие виды в процессе совместного существования выработали разные взаимнополезные типы связей (+ +), которые выражаются в том, что увеличение численности одного из них вызывает увеличение скорости изменения численности другого. Такие связи широко представлены в биогеоценозах и играют заметную роль в функционировании и эволюции экосистем. К таким типам связей относятся *симбиоз* (греч. *symbiosis* — «совместная жизнь») — тесное полезное сожительство определенных, конкретных видов и *мутуализм* (лат. *mutuus* — «взаимный») — любая взаимнополезная связь видов.

Примерами мутуализма служат перенос пыльцы насекомыми и птицами, распространение плодов и семян животными (рис. 24).

Примером симбиоза является лишайник — сожительство гриба и водоросли. То же образуют зеленые водоросли, поселяющиеся в инфузориях *Paramecium bursaria*, которым отдают половину продуктов фотосинтеза, взамен получая защиту и устойчивость среды обитания, а также CO_2 для фотосинтеза. Многие высшие растения (большинство однодольных и двудольных, все голосеменные, некоторые папоротники) на корнях образуют грибокорень, или микоризу (греч. *mykes* — «гриб»; *rhiza* — «корень»), и с помощью гифов грибов извлекают питательные вещества из почвы. Сожительство корней и азотфиксирующих бактерий наблюдается у бобовых растений. Получая от бактерий необходимый азот, рас-



Рис. 24. Мутуалистические связи в природе: 1 — бабочка-адмирал опыляет соцветие; 2 — бурундук с семенами сосны сибирской

тение снабжает их углеводами в виде сахаров. Некоторые глубоководные рыбы (например, удильщики) и головоногие моллюски образуют симбиозы со светящимися бактериями. Световая сигнализация в темноте толщ океана оказывается полезной рыбе, а ткани со светящимися бактериями обильно снабжаются ее питательными веществами.

Полезновредные связи. Много приспособлений сформировалось у видов, реализующих свои биотические отношения по типу полезновредных связей (+ -), при которых увеличение численности популяции первого вида (жертва) влечет за собой вначале также увеличение численности популяции второго вида (эксплуататор), но создавшееся увеличение численности популяций второго вида вскоре вызывает уменьшение численности первого вида. Примерами таких типов связей между видами являются отношения: 1) между растением и травоядным животным; 2) между жертвой и хищником; 3) между хозяином и паразитом. Все эти отношения обусловили огромное разнообразие встречных приспособлений у взаимодействующих видов. Встречные адаптации выражаются в анатомо-морфологическом строении, физиологических свойствах, в поведении, ритме жизни и даже в плодовитости у хищников и их жертв, у паразита и хозяина. Развитие колючек и ядовитости побегов у растений также является примером встречной адаптации на поедание их фитотрофами. Выделение различных токсинов, антибиотиков растениями и грибами — способ их защиты от различных вредителей (бактерий, животных) и других видов растений.

Комменсализм. Особым типом отношений между видами, обеспечившим появление различных встречных адаптаций, является полезнойнейтральная связь (+ 0) *комменсализм* (лат. *com* — «с», «вместе»; *mensa* — «стол», «трапеза»). При этой связи один вид оказывает положительное воздействие на другой вид, но сам при этом какой-либо пользы или вреда не имеет. Положительное воздействие первого вида может проявляться в предоставлении жилища, укрытия, места для прикрепления или пищи второму виду. Например, недоеденные остатки пищи, выброшенные отходы и выделения часто служат пищей второму виду (*нахлебничество*). Комменсалом белого медведя в арктической зоне является песец, часто питающийся остатками пищи медведя. В африканской саванне гиены, грифы — комменсалы льва, жуки-навозники — комменсалы слона.

В норах млекопитающих, гнездах птиц, муравейниках, термитниках обитает много сожителей — «квартирантов», которые находят здесь укрытие, но они безразличны для хозяев норы. То же касается размещения птичьих гнезд на деревьях и кустарниках. Важное для растений распространение семян с помощью крючков и зацепок, прикрепившихся к хвостам, шерсти и лапам животных, нейтрально для последних. Размещение кустарников, трав и деревьев под пологом растений первого яруса в лесах тоже является примером комменсализма. Черты приспособлен-

ности у растений к жизни в условиях того или иного яруса — результат совместной жизни в многоярусном биогеоценозе. Например, большинство растений, обитающих в нижних ярусах леса, приобрели свойства тенелюбивости, их цветки нередко самоопыляемы, размножение осуществляется преимущественно вегетативным путем, а не семенами.

В результате длительной сопряженной эволюции у видов-комменсалов часто формируются специфические анатомические, морфологические, физиологические, биохимические, поведенческие приспособления и видоизменения жизненного цикла, повышающие шансы видов на выживание.

В широколиственных лесах рано весной появляется много цветущих ранневесенних многолетних растений с коротким циклом развития (гусиный лук желтый, хохлатки, печеночница, медуница, ветреница, селезеночник и др.). Они успевают отцвести, дать семена и даже сформировать побеги возобновления для следующего года до того, как появятся листья на деревьях (дуб, липа, клен) и кустарниках, создающих сильное затенение в лесу.

Взаимновредные связи. В биогеоценозах наряду с полезными для видов взаимосвязями представлено большое разнообразие связей, взаимно исключаящих совместное обитание. Такие связи наблюдаются между видами, имеющими сходные потребности в ресурсах биотопа. Контакты между такими видами вредны для обоих видов, поскольку уменьшают численность. Формами взаимновредных отношений являются конкуренция, антагонизм и агрессия. *Конкуренция* — это взаимоотношения между видами со сходными потребностями в средствах существования (пища, пространство, убежища). *Антагонизм* — отношения, при которых присутствие одного вида исключает пребывание другого вида. *Агрессия* — активно вытесняющие отношения между видами.

У растительных видов конкурентные отношения развили способность подавлять корневыми выделениями другие виды и вызвали появление приспособлений, позволяющих быстрее занять территорию, например с помощью вегетативного размножения, развития плетей, усов, лиан, более быстрого нарастания корней и побегов, обеспечивающих вытеснение одних видов другими. У животных для этих целей сформировались особые поведенческие адаптации: контролирование и мечение своих территорий, отпугивание резко пахнущими веществами, демонстрация угроз (рис. 25), способность прятать пищу, тактика подкрадывания к добыче, охота стаями, совместная охота двумя видами и т. д.

Любые взаимновредные, отрицательные отношения между видами вырабатывают ряд сопряженных адаптаций. На основе взаимновредных отношений формируется иерархия видов в составе сообщества с выделением доминирующих и второстепенных форм и определяется размещение видов

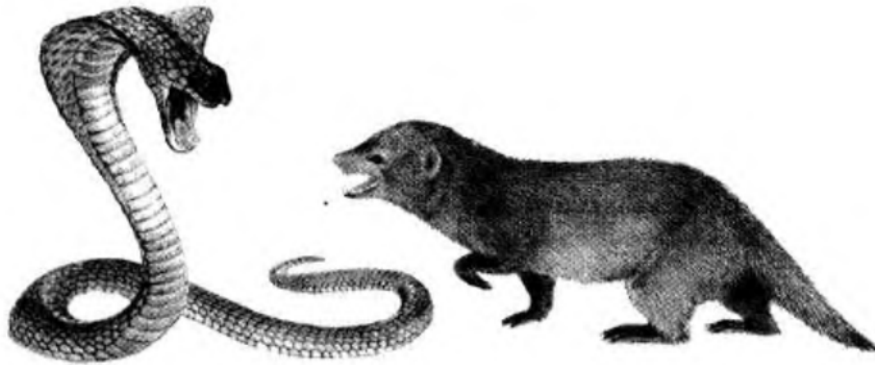


Рис. 25. Мангуст пугает индийскую кобру, а змея, отвечая ему тем же, широко разевает рот, раздувает капюшон и отклоняется назад перед нападением

по вариантам местообитаний. Все это оказывает существенное влияние на структуру биогеоценозов.

Длительное сосуществование видов в биогеоценозе способствует их специализации, развитию сопряженных, встречных адаптаций для более эффективного освоения пищевых и пространственных ресурсов.

! **Совместное существование видов в биогеоценозе — важное условие их эволюции.**

1. Поясните, в чем отличие симбиоза от мутуализма.
2. В чем выражается способность видов к совместной жизни в биогеоценозе?
3. Назовите известные вам примеры комменсалистских связей между обитателями леса.

§ 20 Причины устойчивости биогеоценозов

Устойчивость биогеоценоза (экосистемы) — это способность непрерывно поддерживать определенный круговорот веществ и сохранять в основных чертах свою структуру, характер связей между элементами и их функционирование в пределах естественного колебания физических и биологических параметров.

Рассмотрим ряд свойств биогеоценоза, определяющих его устойчивость.

1. Богатство видового состава и функциональное разнообразие имеют большое значение для устойчивости биогеоценоза, так как от этого зависит непрерывность его круговорота веществ и потока энергии.

По количеству и разнообразию видов различают богатые и бедные биогеоценозы. В безводных жарких пустынях, в полярных арктических пустынях и тундре при острой нехватке тепла, в водоемах, сильно загрязненных сточными водами, и в горячих источниках, в темных пещерах — т. е. всюду, где условия биотопа резко уклоняются от среднего, оптимального для жизни уровня, экосистемы всегда бедны. В них могут существовать только виды, которые приспособились к таким крайне трудным условиям жизни. Обычно таких видов не бывает много, а весь биотоп занимают лишь их многочисленные особи.



Чем специфичнее условия среды, тем беднее видовой состав биогеоценоза и выше численность населяющих его видов.

Бедные по видовому составу сообщества неустойчивы. Имеющиеся в них виды не образуют единого круговорота веществ, поддерживающего устойчивость биогеоценоза, так как нередко здесь отсутствуют трофические связи между видами и наблюдается выпадение какого-то звена в его структуре.

Например, в темных пещерах Мексики, где обитают птицы гуахаро, на основе органических веществ (помет, остатки оброненной пищи, трупы птенцов) формируется бедная экосистема, в которой имеются лишь звенья консументов и редуцентов (грызуны, бактерии, черви), но нет продуцентов (зеленые растения). Первичная продукция сюда поступает извне: гуахаро приносит плоды деревьев, ими питается и кормит птенцов. Стоит только этой птице перестать селиться в данной пещере, как весь остальной биоценоз экосистемы вскоре прекратит свое существование.

Важную роль в поддержании устойчивости биогеоценоза играет взаимодействие видов, которое обеспечивает непрерывность круговорота веществ и потока энергии.

В богатом видами биогеоценозе всегда имеются популяции с похожими свойствами, обладающие сходными функциями в использовании источников и форм энергии для синтеза продукции. Присутствие таких видов с похожими (перекрывающими) свойствами в использовании ресурсов биотопа имеет большое значение для устойчивости сообщества. В условиях, когда возникает избыточность ресурса, сходные по функциям виды, дополняя друг друга, помогут быстрее освоить его и тем самым обеспечить устойчивость сложившейся конкретной экосистемы. В таком случае дополнительные участники переработки ресурса выступают как *обратная связь в системе*, где прямой связью какого-то ресурса воспроизвелось больше нормы.

В то же время при выпадении какого-либо вида в биогеоценозе нарушившееся динамическое равновесие выравнивается до устойчивого состояния другим видом со сходными свойствами. Таким путем в биогеоценозе благодаря большому разнообразию видов осуществляется его самоподдержание, саморегулирование его устойчивости.

Перекрывающие формы популяций разных видов, подобно обратной связи, обеспечивают устойчивость биогеоценоза при избытке ресурса и в случае неожиданного сокращения функционально сходных популяций.

Чем разнообразнее видовой состав биогеоценоза, тем разнообразнее в нем формы перекрывающих связей. Поэтому в таком биогеоценозе (экосистеме) больше возможностей сохранить устойчивость. Биологическое разнообразие обеспечивает непрерывность действия прямой и обратной связей в экосистеме. Обратная связь уравнивает прямую связь и тем создает устойчивость круговорота веществ, самоподдержание и саморегуляцию процессов в экосистеме.

Биологическое разнообразие в природных сообществах зависит как от абиотических факторов (экотопа), так и от самого живого населения (биоценоза). Обычно каждый вид, закрепившись в биогеоценозе, создает условия для закрепления в этом сообществе и других видов, связанных с ним пищевыми и территориальными отношениями. Например, растительные виды привлекают различных растительноядных животных (фитофагов), а те в свою очередь — хищников и паразитов.

Чем сильнее развит растительный компонент экосистемы и чем сложнее ее структура (больше ярусов и экологических ниш), тем больше здесь поселяется видов. В то же время с увеличением видового разнообразия в биогеоценозе возрастает количество экологических ниш и усложняется его общая структура, усиливается взаимодействие прямых и обратных связей. Такая экосистема оказывается устойчивой.

2. Жизненное пространство — средняя площадь (или объем), приходящаяся на одну особь рассматриваемых популяций и видов. Оно имеет существенное значение для поддержания устойчивости биогеоценоза, так как предоставляет организмам средства к жизни в биогеоценозе: пищу, укрытие, возможность размножения. Однако каждый биогеоценоз населяет много популяций различных видов, а каждая территория может прокормить и укрыть лишь определенное количество особей. Ясно, что при таких обстоятельствах нормальное существование любой популяции будет зависеть от ее жизненного пространства в биогеоценозе, от размещения в нем всего многообразия живого населения.

Например, растения, благодаря разнообразию жизненных форм (деревья, кустарники или травы), занимают тот или иной ярус в надземной и подземной частях сообщества. При этом все особи растительных видов размещаются на определенном расстоянии друг от друга, которое определяется не только возможностями экотопа, но и потребностями растения. Деревья своими корнями занимают пространство в почве для поглощения воды и минеральных солей, а своей кроной

затеняют это пространство. Таким путем они распространяют свое влияние на определенную территорию. Поэтому оптимальным для популяции данного вида растений оказывается такое расстояние между соседними особями, когда они не будут отрицательно влиять друг на друга.

В каждом конкретном случае тип размещения особей популяции любого вида в занимаемом пространстве оказывается приспособительным, т. е. позволяющим оптимально использовать имеющиеся ресурсы. Нарушение типа размещения видов в сообществе приводит к потере устойчивости биогеоценоза.

3. Средообразующие свойства видов также имеют большое значение в сохранении устойчивости биогеоценоза. Все многообразие видов в процессе своей жизнедеятельности оказывает значительное влияние на условия среды обитания — биотоп биогеоценоза.

Например, растения не только образуют в процессе фотосинтеза первичную продукцию, необходимую консументам и редуцентам, но и изменяют химические свойства почвы и воздуха благодаря регулярным листопадам и поглощению минеральных веществ из внешней среды, создают затенение, изменяют температурные условия и режим влажности почвы и воздуха и т. д. Животные, питаясь растительной массой, обогащают почву продуктами выделения, способствуют опылению и расселению растений, регулируют численность видов, которыми питаются. Паразитирующие виды, ослабляя силы «хозяина», а также осуществляя перенос болезнетворных организмов, тоже участвуют в регулировании численности видов в сообществе. Накопление растительной биомассы в почве, скопление остатков пищи на местах кормления растительноядных видов обеспечивают наличие большого числа различных видов-редуцентов. Они перерабатывают эту биомассу и, по принципу обратной связи, возвращают ее в биотоп в виде неорганических веществ, чем обеспечивают биологический круговорот веществ в экосистеме.

При обычном наборе видов, сложившемся в процессе длительного становления каждого конкретного биогеоценоза, сформировались наиболее устойчивые приспособительные формы взаимодействия как между видовыми популяциями, так и между популяциями и средой. То и другое обычно направлено на устойчивое поддержание биогенного круговорота веществ и потока энергии в этих условиях и, следовательно, на устойчивое самоподдерживающееся состояние данного биогеоценоза. Существенные качественные изменения среды, происходящие по причине изменения численности каких-то видов, выпадения типичного вида из сообщества или вселения нового вида с особой средообразующей ролью, приводят к потере устойчивости этого биогеоценоза и даже его замене качественно иным биогеоценозом.

4. Антропогенное воздействие также влияет на устойчивость биогеоценозов, поскольку часто служит причиной изменений и нарушений их биоценозов и биотопов. В результате антропогенного воздействия разрушаются,

деградируют многие естественные биогеоценозы, что отражается и на устойчивости биосферы. Такое положение вызвано вмешательством человека в состав видов биогеоценоза (вселение новых видов из других регионов и иного типа экосистем или некогда домашних животных, часто в форме одичавших; выборочное уничтожение отдельных видов), а также разрушением биотопов, свойственных биогеоценозам.

Потеря устойчивости биогеоценозов из-за сокращения в них биологического разнообразия и разрушения мест обитания живых организмов, наблюдаемая повсеместно, вызывает серьезную озабоченность всего прогрессивного человечества на Земле.

1. Назовите основные свойства биогеоценоза, обеспечивающие его устойчивость.
2. Объясните, в чем ценность богатства видового состава в биогеоценозе.
3. Может ли один и тот же биогеоценоз бесконечно долго устойчиво существовать на какой-то конкретной территории?

§ 21

Зарождение и смена биогеоценозов

Понятие смены биогеоценоза. Наблюдая за каким-либо биогеоценозом в течение ряда лет, можно заметить, что он не остается неизменным. В нем меняются условия жизни, появляются новые виды, подчас обладающие сильными средообразующими свойствами, что сказывается на взаимоотношениях видов, входящих в биогеоценоз, и на его структуре. Такие постоянно происходящие процессы имеют различное значение для существования в биогеоценозах. Одни изменения непродолжительны, и сообщество легко восстанавливает свою стабильность, другие приводят к поступательным и существенным изменениям общей структуры биогеоценоза, замене господствующих видов. При этом изменяются строение и особенности взаимоотношений между организмами. В результате биогеоценоз становится качественно отличным от того, который был раньше: с новым типом круговорота веществ, иной направленностью потока энергии, новым составом видов и особым ритмом их развития, с иной продуктивностью. Явление, при котором один биогеоценоз заменяется со временем качественно другим, называют *сменой биогеоценоза* или *сукцессией* (лат. *successio* — «преемственность»).

Смена биогеоценоза — это закономерно направленный процесс качественного изменения биогеоценоза в результате взаимодействия живых организмов между собой и с окружающей их абиотической средой.

Зарождаются биогеоценозы обычно за счет того, что с соседних территорий на какую-то поверхность начинают вселяться новые виды (главным образом, растения), для которых имеющиеся условия среды являются благоприятными. Если среди внедренных оказываются виды, обладающие сильными средообразующими свойствами, то спустя некоторое время они изменяют первоначальные условия среды, создав новый биотоп. Так происходит с каждым новым поселенцем. Этот процесс может совершаться на голом абиотическом субстрате или на территории уже сложившегося биогеоценоза. В том и другом случае зарождение нового природного сообщества и его последующая смена происходят за счет внедрения из окружающей среды новых для биоценоза видов.

Смены биогеоценозов на нашей планете происходят постоянно и всюду, но с разной скоростью и по разным причинам. Очень быстро, например, протекают смены на молодых залежах, брошенных пашнях, вырубках, гарях. Более медленно эти процессы идут в хорошо сложившихся, устойчивых («коренных») биогеоценозах: дубравах, ельниках, ковыльных злаково-полынных степях, лишайниковых тундрах и некоторых пустынях. Само появление коренных биогеоценозов в живом покрове планеты — результат многочисленных смен.

Смена биогеоценоза — многолетний процесс. Биогеоценоз, характеризующийся устойчивым стабильным состоянием и большим разнообразием видов, находящийся в равновесии с окружающей средой и способный поддерживать самого себя долгое время, называют *коренным* или *конечным*.

Обычно такой устойчивый (коренной) биогеоценоз образуется в результате ряда последовательно идущих смен, как «конец», как завершение поэтапного процесса. Эту цепь сменяющихся биогеоценозов называют *сукцессионным рядом* или *серией биогеоценозов*. В ней каждый конкретно выраженный биогеоценоз является определенной стадией в формировании конечного (коренного) сообщества. В этой серии биогеоценозов есть начальные, промежуточные (временные) и конечные.

В отличие от конечных *временные биогеоценозы* не могут долго находиться в состоянии устойчивого равновесия и потому быстро заменяются другими. Обычно это связано с тем, что средообразующая деятельность основных видов такого биогеоценоза производит настолько глубокие изменения в биотопе, что жизнь их самих и многих сопутствующих им видов становится невозможной. В то же время здесь появляются условия для внедрения новых видов, в том числе обладающих сильными средообразующими свойствами. Часто такие виды оказываются ведущими компонентами другого, нового биогеоценоза, который со временем и заменит предыдущий.

Временные биогеоценозы характеризуются неполнотой биологического круговорота, отличаются небольшой продолжительностью существования и потому называются «временными».

Примером формирования устойчивого коренного биогеоценоза путем последовательно сменяющихся стадий может служить образование торфяного болота при постепенном зарастании озера или появление елового леса на брошенных землях в северных зонах нашей страны. При этом возникающие здесь травянистые и мелколиственные лесные биогеоценозы (березняки или осинники) оказываются промежуточными, временными биогеоценозами, а еловый – конечным, коренным.

Процесс формирования елового леса как коренного сообщества занимает не менее 80–120 лет. Иногда в силу особых почвенно-климатических условий эта смена затягивается на более длительный срок, надолго задерживая появление ценного в биологическом и хозяйственном отношении елового леса (рис: 26).

Смена биогеоценозов, представленная на рисунке, была вызвана причинами, скрытыми внутри самих биогеоценозов. Внедрение новых видов оказывается закономерным итогом развития предыдущего сообщества. Поэтому сукцессию (т. е. последовательный ряд идущих друг за другом смен) нередко называют *саморазвитием* биогеоценоза. Этот процесс длится многие годы и завершается появлением коренного сообщества, соответствующего конкретным почвенно-климатическим условиям. Смены, совершающиеся под влиянием причин, скрытых внутри самих биогеоценозов, называют *сукцессионными*.

Типы смен биогеоценозов. Очень часто смены биогеоценозов в природе происходят внезапно и по причинам, чуждым биогеоценозу. Например, при удалении его основных компонентов (вырубка леса, пожар, распашка, выпас скота), или под влиянием затопления, заливания вулканической лавой, или

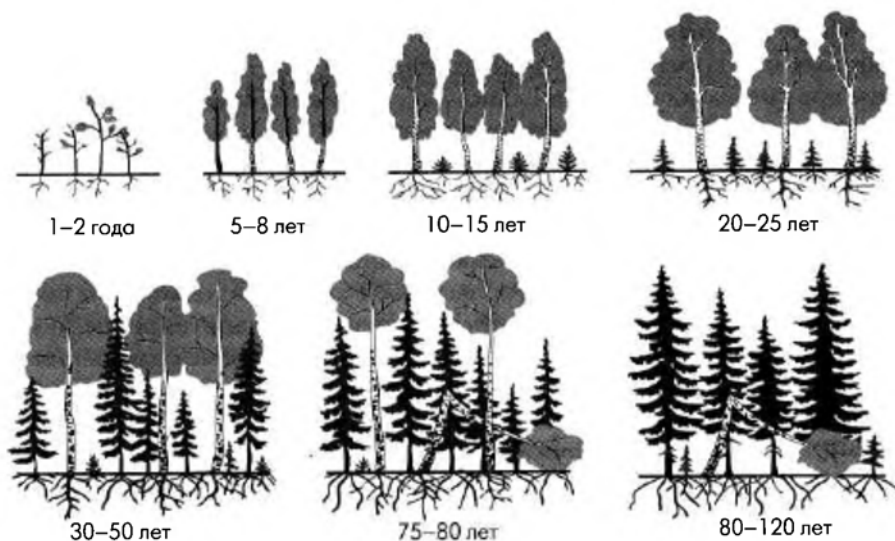


Рис. 26. Развитие лесного биогеоценоза на брошенной пашне

в результате вселения новых видов из других географических районов. Здесь фактор, вызывающий смену, необычен, чужд биогеоценозу. При такой ситуации происходят резкие и быстрые изменения всей структуры экосистемы, вплоть до ее разрушения. Такие резкие смены могут вызываться как природными катаклизмами (стихийно), так и природопользовательской деятельностью человека. Смены, совершающиеся внезапно, по причинам, чуждым биогеоценозу, В.Н. Сукачев назвал *катастрофическими*.

При катастрофической смене фактор, вызывающий смену, никак не связан с предшествующим ходом развития самого биогеоценоза и дает не свойственные ему направления в развитии, часто оканчивающиеся разрушением всех биогеоценологических связей, почв, деградацией или гибелью экосистемы. Но с прекращением действия катастрофического фактора, внезапно разрушившего биогеоценоз, на этой территории начинается иная, новая линия развития живого покрова, идущая по типу сукцессионной смены.

Различают два типа сукцессионных смен: *первичные* и *вторичные* сукцессии.

Первичные сукцессии начинаются на пустых, лишенных жизни местах: на голых скалах, песчаных наносах рек, в искусственных водоемах (прудах), на остывшей лаве и т. п. Поселяющиеся здесь виды своим существованием необратимо изменяют условия среды обитания (создают почву, особый микроклимат). Один вид вытесняет другой (как на конвейере), и спустя какое-то время образуется устойчивое многовидовое сообщество.

Вторичные сукцессии идут на территории, где были нарушены установившиеся связи между популяциями в уже сложившихся сообществах. Такие смены чаще называют *восстановительными*. Примером может служить восстановление коренной лесной экосистемы после пожара или вырубок. Вторичные смены идут значительно быстрее первичных, так как в нарушенном местообитании может сохраниться почва или часть прежнего населения (семена, корневища, обгоревшие деревья, почвенное население и пр.).

Изучение смен биогеоценозов показывает, что они находятся в постоянном развитии и что даже хорошо сложившееся коренное сообщество, хотя и довольно медленно, изменяется. Такие сукцессии охватывают очень длительные периоды времени, поэтому их называют *вековыми сменами* экосистем. Они происходят в связи с изменением климата на планете, рельефа и других свойств поверхности Земли. Вековые смены начинаются не с заселения не занятых жизнью местообитаний, а с перестройки внутренних связей уже сложившихся и функционирующих биогеоценозов. Этот процесс сопровождается и эволюцией самих видов, появлением среди них более адаптированных к новым условиям. Вековые смены отражают историю развития биосферы.

Развитие и смена живого покрова на нашей планете, многообразие видов и биогеоценозов тесно связаны с вековыми сменами, идущими на Земле с момента появления на ней живого вещества и биосферы.

Совокупность многообразных естественных и культурных биогеоценозов образует целостный биогеоценозический покров Земли, т. е. биосферу, а отдельный биогеоценоз представляет ее элементарную структурную единицу. Естественные биогеоценозы все чаще уступают свою территорию (путем катастрофических смен) культурным, особенно *агробиоценозам* (агроэкосистемам). Поэтому уже значительная доля (более 10 %) глобальных функций биогеоценозов (поддержание газового состава и гидротермического режима атмосферы, качество почв, создание первичной продукции и др.) выполняется в биосфере агроэкосистемами. Пропорционально этой доле возрастает и мера ответственности человека за судьбу биосферы.

1. Поясните, почему коренной биогеоценоз является устойчивым.
2. Поясните, почему березняк и смешанный лес называют временными биогеоценозами.
3. Дополните фразу правильными определениями.
Биогеоценоз, характеризующийся устойчивым стабильным состоянием, называют ... или ...
 - а) коренным;
 - б) саморазвивающимся;
 - в) временным;
 - г) вековым;
 - д) пионерным;
 - е) конечным.
4. Смоделируйте процесс изменений в экосистеме «Пруд»:
 - если в его устойчивое сообщество «растения – карась – щука» вселили растительоядную рыбу толстолобика;
 - если из того же устойчивого сообщества «растения – карась – щука» будет полностью отловлен карась.

Суточные и сезонные изменения биогеоценозов

Циклические изменения биогеоценозов. В любом биогеоценозе всегда совершаются какие-то изменения – в состоянии жизнедеятельности его членов, в соотношении популяций видов и в свойствах биотопа. Такие изменения осуществляются в течение суток, сезона или года. Многие из них регулярно повторяются. Регулярно повторяющиеся изменения, происходящие в биогеоценозе в течение суток, сезона или года, называют *циклическими*.

В отличие от смены биогеоценозов, циклические изменения не производят принципиальных изменений в свойствах природного сообщества, не меняют его функциональной устойчивости, а отражают лишь комплекс приспособлений экосистемы в целом к суточной, сезонной и годичной динамике (изменениям) условий существования. Даже сезонные изменения видового состава биогеоценоза не меняют его общую характеристику, так как закономерно повторяются из года в год. Например, ежегодные относительно дальние осенние перелеты птиц из биогеоценозов, где идет их гнездование

и выкармливание птенцов, в область зимовок с последующим возвращением обратно в весенний период.

Циклические изменения выражают комплекс приспособлений населения биогеоценозов к суточной, сезонной и годичной динамике условий среды.

Суточные изменения в биогеоценозе характеризуются суточным ритмом активности процессов жизнедеятельности видов, населяющих биогеоценоз (рис. 27). Этот ритм определяется циклом вращения Земли вокруг своей оси.

У растений этот ритм выражается в суточном движении побегов, листьев и цветков, в том, что фотосинтез идет только в светлое время суток; большинство видов раскрывают цветки днем, всасывание питательных веществ корнями тоже более активно совершается днем. В дневное время в лесах умеренной зоны господствуют насекомые, птицы и некоторые животные, отличающиеся дневной активностью. В ночное время в тех же биогеоценозах проявляется активность животных, ведущих ночной образ жизни (ночные бабочки, жабы, ежи, из птиц — козодой, совы, а также многие млекопитающие). В ночное время раскрываются пахучие светлые цветки некоторых видов растений, в опылении которых участвуют ночные животные.

Суточные изменения обеспечивают «разделение труда» между популяциями биогеоценоза во времени, что позволяет снизить уровень конкуренции между видами. Тем самым открывается возможность видам со сходными потребностями в ресурсах биотопа сосуществовать на общей территории. Расхождение видов во времени по суточной активности приводит к усложнению структуры биогеоценоза, повышению его биологического разнообразия, более полному использованию ресурсов экотопа и, следовательно, повышению устойчивости такого биогеоценоза.

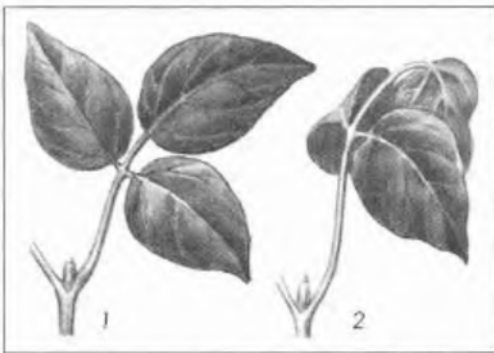


Рис. 27. Суточные изменения листьев фасоли: 1 — лист днем; 2 — лист ночью

Сезонные изменения биогеоценозов обусловлены вращением Земли по орбите вокруг Солнца. Они наиболее отчетливо выражены в климатических зонах и областях с контрастными условиями теплого и холодного (или сухого и влажного) периодов года. Известно, что в неблагоприятные сезоны года ряд видов мигрируют в районы с лучшими условиями существования. Миграции широко распространены среди птиц и млекопитающих. У растений также наблюдаются значительные сезонные изменения в активности жизнедеятельно-

сти: в зависимости от сезона у растений меняется интенсивность фотосинтеза и накопление биомассы. Развитие побегов, цветение и плодоношение, разворачивание листьев и листопад — это тоже сезонные явления в жизни растений, влияющие на внешний вид и структуру биогеоценоза.

Увеличение числа активных видов (летом) или уменьшение (зимой) влечет за собой изменение структуры биогеоценоза, общего уровня круговорота веществ и потока энергии в нем, но не меняет самого биогеоценоза.

Сезонные изменения выражаются не только в состоянии и активности видов, но и в количественном соотношении отдельных видов (в зависимости от сезонных миграций животного населения, от циклов их развития и размножения, продолжительности жизни особей). Если в течение года несколько раз посетить один и тот же биогеоценоз, например широколиственный лес, можно установить, что его облик очень сильно меняется в течение лета. Это обусловлено тем, что различные виды растений цветут в разное время, а в период цветения достигают наибольшей степени участия в жизнедеятельности сообщества. Некоторые виды вообще заметны только в период цветения. Например, очень рано весной, до раскрытия листьев на деревьях, появляются раннецветущие растения («подснежники»). Их цветение непродолжительное, но массовое. Спустя некоторое время цветущие побеги отмирают, и летом их уже не найти.

Обычно первыми начинают цвести печеночница и селезеночник, чуть позже зацветают хохлатка и гусиный лук желтый, за ними цветет медуница, затем чина весенняя, ветреница дубравная и лютичная, чуть позже примула-баранчик. Их цветение, разное по окраске — голубое, синее, лиловое, желтое, белое и розовое, одно за другим сменяет друг друга. Сроки массового цветения этих видов очень короткие. У многих видов все их надземные побеги, дав плоды, к лету отмирают, а их место занимают другие виды трав. С появлением листьев на деревьях и кустарниках меняются условия освещения для травянистых растений. В это время цветущими оказываются лишь виды, имеющие белые цветки (купена, звездчатка, ландыш), которые лучше видны насекомым.

Ритму сезонных изменений растений в сообществе соответствует также ритм жизненных процессов многих животных (насекомых, птиц, земноводных), грибов и бактерий. Облик сообщества, изменяющийся в зависимости от массовой активности вида, называют его *аспектом* (лат. *aspectus* — «вид»). Последовательность смен аспектов, как правило, повторяется из года в год примерно в одни и те же сроки.

Изменение в течение года количества активно функционирующих видов в биогеоценозе обусловлено глубокими (наследственными) адаптациями у видов не только к переживанию неблагоприятных сезонных условий

существования (нехватка света, холод, бескормица), но и к максимальному использованию благоприятных весенних или летних условий для развития, размножения и расселения.

Годичные циклические изменения в среде оказывают заметное влияние в разные годы на жизнедеятельность населения биогеоценозов. Такие изменения связаны с циклическими многолетними изменениями климата, обусловленными активностью Солнца в виде его 11-летнего, 35-летнего, векового и еще более длительных циклов. Это хорошо видно на примере многолетних растений — деревьев-долгожителей, у которых периодичность годичных изменений условий среды проявляется в величине годичных приростов и толщине годичных колец.

Еще в 1892 г. лесовод Ф.Н. Шведов в работе «Дерево как летопись засух» отметил, что годичные кольца на срезе стволов белой акации отражают чередование влажных и засушливых лет. Американский ученый А. Дуглас в 30-х гг. XX в. установил, что у мамонтова дерева (секвойя), возраст которого достигал 3200 лет, с правильной закономерностью каждые 10—12 лет чередуются узкие и широкие годичные кольца, соответствуя циклам солнечной активности.

Подобные исследования имеют большое значение, позволяя по годичным приростам у деревьев реконструировать климатические условия в прошлые десятилетия и даже столетия, особенно в случаях, когда нет непосредственных метеорологических данных о климате.

Суточные, сезонные и годичные изменения биогеоценоза, хотя и не ведут к его смене, свидетельствуют о динамическом характере функционирования биогеоценоза в зависимости от условий внешней среды, что оказывается важным фактором регуляции устойчивости не только биогеоценологических, но и многих биосферных процессов.

1. Почему суточные, сезонные и годичные изменения называют циклическими?
2. Какое изменение в биогеоценозе происходит с прилетом (или отлетом) перелетных птиц?
3. Дополните фразу, чтобы получилось правильное утверждение.
 - Облик сообщества, изменяющийся в зависимости от массовой активности вида, называют ...
 - а) циклической сменой; б) аспектом; в) сезонным явлением; г) адаптацией.
4. Назовите причины того, что птица клест (квест-еловик и клест-сосновик) перелетает на зиму в леса таежной зоны и здесь (в конце января — феврале) выводит птенцов.

Типы водных экосистем. Все многообразие природных сообществ биосферы можно разделить на две группы – *водные* и *сухопутные*. Водные часто называют *гидроценозами* (греч. *hydor* – «вода»; *koinos* – «общий») или *водными экосистемами*, сухопутные – просто *биогеоценозами* или *экосистемами*.

Океаны с морями и их бассейнами занимают почти 70 % земной поверхности. В них содержатся разнообразные экосистемы, характеризующиеся своими абиотическими и биотическими особенностями. Следует подчеркнуть, что моря были средой появления в древности первичных экосистем, поскольку установлено, что жизнь зародилась в воде. Поэтому морские организмы проявляют огромное разнообразие приспособлений, позволяющих им не только жить и перемещаться в водной среде, но и находить энергетически ценную пищу в огромном морском разнокачественном пространстве.

Все многообразие морских экосистем делится на две большие группы: *экосистемы прибрежные* и *экосистемы открытых вод*, а экосистемы пресных вод представлены *реками, озерами, прудами и болотами*.

Физические факторы водной среды являются определяющими в жизни сообщества водной экосистемы. Волны, приливы и отливы, течения, соленость, температура, насыщение газами, давление и интенсивность освещения в значительной степени обуславливают видовой состав биоценоза и его биотоп.

Морские экосистемы различаются между собой по солености и температуре воды как среды жизни. Очень разнообразны водные экосистемы в прибрежной части, особенно в приливно-отливной зоне (литорали) и в устьях рек у мест впадения в море (эстуариях). По имеющимся оценкам гидробиологов, с этими гидроэкосистемами связана добыча более половины морских видов в Тихом океане и двух третей – в Атлантическом океане. Разнообразием биотопов в прибрежной части объясняется наличие большого количества разных экосистем, мозаично размещающихся вдоль берега.

В открытом океане вблизи его поверхности образуются экосистемы, основное население которых – *планктон*, состоящий из мелких взвешенных (парящих) в воде организмов, в том числе водорослей (фитопланктон) и простейших (зоопланктон).

Фотосинтезирующий фитопланктон служит пищей многим мелким планктонным животным, которых, в свою очередь, поедают крупные активно плавающие рыбы и киты. Когда организмы верхнего слоя океанических вод погибают, их тела падают на дно океана (бенталь), обеспечивая там пищей других существ, входящих в экосистемы *бентоса* (греч. *benthos* – «глубина»). В экосистемах бентоса находятся, главным образом, животные и бактерии, которые перерабатывают попавшие на дно органические веще-

ства (рис. 28). Растения на больших глубинах обитать не могут, поскольку туда не проникает свет.

В теплых морях развиваются богатейшие биогеоценозы коралловых рифов и водорослевые экосистемы. Проникновение света создает обилие водорослей (как первичной пищи) и благоприятные условия для дыхания животных. Это обуславливает высокую концентрацию в этих экосистемах разнообразнейших представителей живого мира: бактерий, простейших, кишечнополостных, кольчатых червей, ракообразных, моллюсков, иглокожих (морские звезды и ежи, голотурии) и различных видов рыб.

Биогеоценозы открытой части океанов и морей характеризуются огромными размерами (порядка тысячи километров), наличием достаточно тесных связей с соседними экосистемами и размытостью границ между ними (рис. 29). Пищевые цепи в таких экосистемах начинаются с мельчайших автотрофов и кончаются огромнейшими животными-хищниками (гигантские рыбы, головоногие моллюски, змеи, киты). Эти экосистемы как коренные относительно устойчивы в геологическом масштабе времени и отличаются эволюционной древностью, что обусловлено относительно медленными изменениями общего характера геологического строения океана, атмосферной и океанической циркуляции воздуха и вод и составом видов живого населения.

Пресноводные экосистемы занимают всего лишь 2–3 % земной поверхности; представлены озерами, прудами и реками. В отличие от озер и прудов

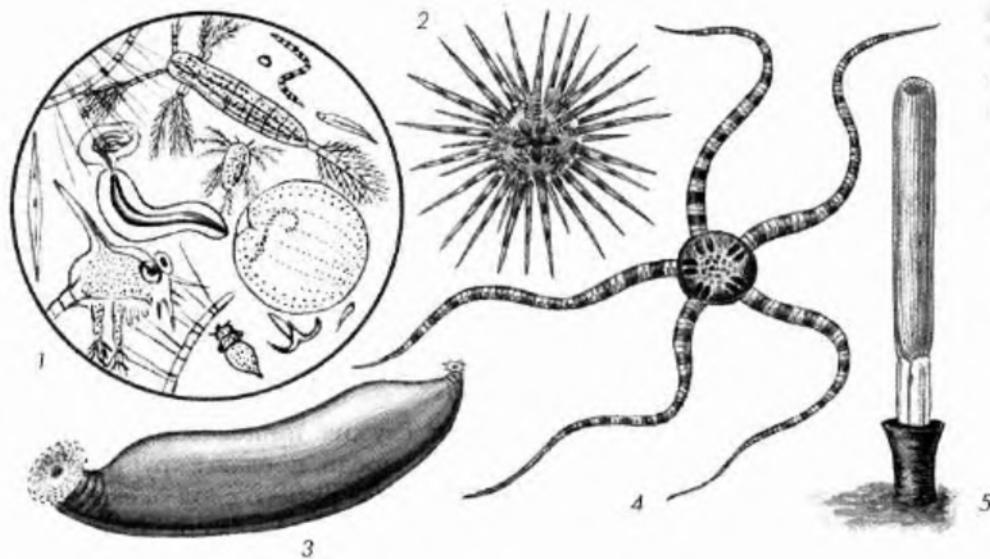


Рис. 28. Планктон (1); представители бентоса: морской еж (2), голотурия (3), офиура (4), погонофора (5)

реки характеризуются направленным течением вод. Это основной фактор, который доминирует над другими естественными факторами, влияющими на растительный и животный мир рек.

Озера и пруды, в отличие от рек, характеризуются довольно быстрым накоплением осадков, богатых элементами минерального питания (от сброса сельскохозяйственных и бытовых сточных вод, промышленных загрязнений), что неизбежно приводит к потере устойчивости пресноводных экосистем. Глубокие озера, например Байкал, обладают достаточно высокой устойчивостью

вследствие захоронения органических постоянно поступающих веществ в глубоководных отложениях. Однако и у глубоководных озер есть определенный предел накопления осадков, после которого наступает снижение устойчивости экосистемы, проявляющееся в изменении видового состава населения.

Экологическое состояние водных экосистем. Все озерные водоемы классифицируют в зависимости от глубины водной толщи, местного климата и содержания химических примесей в воде. На основании глубины водоема выделяют три типа озер: очень глубокие, более мелкие и мелкие с глубиной не более 3–5 м. В первых наблюдается постоянное расслоение водной толщи на верхний, хорошо перемешиваемый и поэтому богатый кислородом, слой и нижний, застойный, более холодный и почти лишенный кислорода, слой. Граница между верхним и нижним слоями в озерах умеренных широт обычно проходит на глубине 7–10 м. Воды более мелких озер один или несколько раз в году перемешиваются по всей глубине, поэтому расслоение толщи воды имеет не постоянный, а периодический характер. У третьего типа озер расслоения толщи водного слоя по температурным и химическим параметрам не происходит, поскольку здесь вода постоянно перемешивается даже в зимнее время.

В оценке состояния водных экосистем важно подразделение их на сточные, проточные (транзитные) и аккумулятивные (накопительные). Эти особенности водоемов имеют существенное значение в связи с угрозой *эвтрофикации* (греч. *eurys* – «обширный»; *trophe* – «питание»), или обогащения. Эвтрофикацией называется процесс преобразования водной экосистемы в результате привнесения в водоем минеральных и органических веществ с водосбора в таких количествах, которые не могут быть усвоены и переработаны биоценозом водоема. Эвтрофикация в первую очередь связана с состоя-

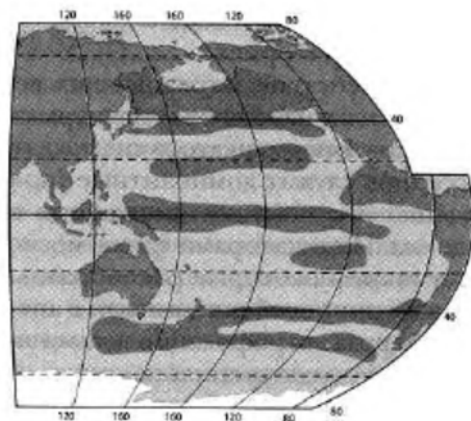


Рис. 29. Океанические экосистемы в Тихом океане. Размеры и конфигурация экосистем показаны синим цветом

нием водосбора, а также с хозяйственной деятельностью человека на прибрежных территориях.

Воздействие загрязняющих веществ на водные биогеоценозы обычно проявляется в изменении структуры сообществ и состава животных и растительных видов. Биоиндикаторами (показателями) чистоты или загрязнения водных бассейнов служат доминантные (преобладающие) виды, такие как веснянки, поденки и ручейники, популяции которых уменьшаются при загрязнении водоема. Индикаторами также могут служить личинки комара, мотыля, пиявки, а также некоторые ракообразные, численность которых возрастает при загрязнении, особенно в связи с антропогенными воздействиями (рис. 30).

Угроза эвтрофикации весьма актуальна не только для озер, но и для океана, морей и водохранилищ.

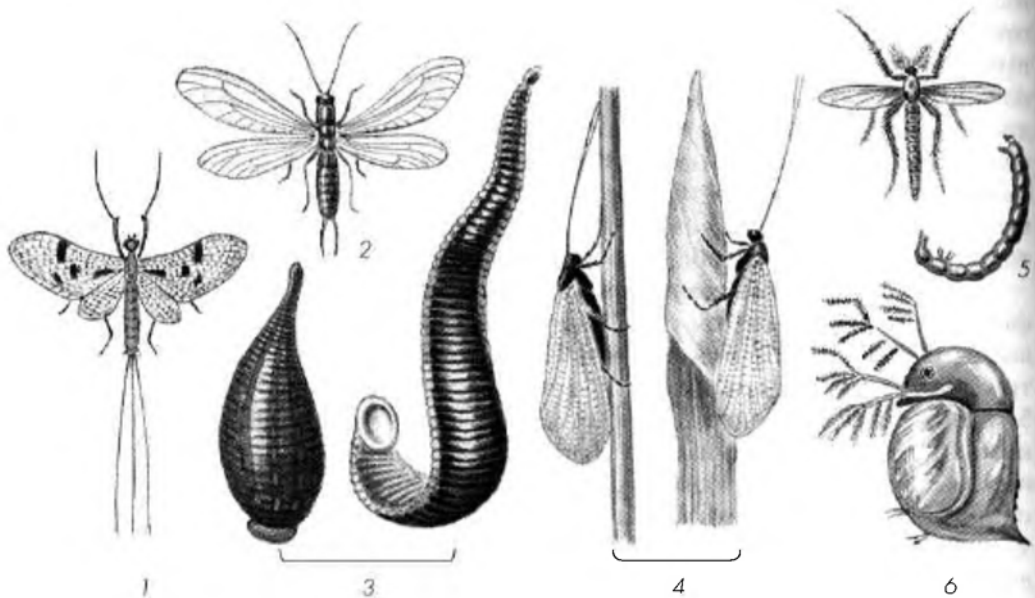


Рис. 30. Животные – индикаторы состояния водоемов: 1 – поденка; 2 – веснянка; 3 – пиявки; 4 – ручейники; 5 – мотыль с личинкой; 6 – дафния

1. Почему в прибрежной части водного бассейна существует больше разных экосистем, чем в основной толще водного пространства?
2. Возможен ли процесс эвтрофикации в речных экосистемах?
3. Чем полезны знания о видах-индикаторах?

Многообразие биогеоценозов суши

В биогеоценозах суши, в отличие от водных экосистем, жизнь сообщества видов определяется преимущественно самим живым населением, т. е. биотическими факторами среды.

Биогеоценозы делят на *древесные* и *травянистые*. К древесным относятся различные лесные биогеоценозы (экваториальные дождевые леса, тропические листопадные леса, хвойные леса холодной зоны, широколиственные, мелколиственные, смешанные леса умеренного климата и др.), к травянистым биогеоценозам — степи, прерии и луга. Имеются также древесно-травянистые (в саваннах), лишайниково-травянистые (в тундре), кустарниково-травянистые (в пустынях и болотах) биогеоценозы. В почвах развиваются разные микробные сообщества. Степи, леса, например тайга, — это *биоми* (греч. *bios* — «жизнь» и лат. *ota* — окончание, означающее «совокупность»), т. е. совокупности различных биогеоценозов в определенной ландшафтно-географической зоне (рис. 31).

Лесные экосистемы. Самый богатый биогеоценоз на Земле — это тропический дождевой лес. Он отличается наибольшим разнообразием видов. Тропические дождевые леса встречаются там, где температура и количество осадков круглый год держатся на высоком уровне, создавая идеальные условия для роста и развития растений. Многие животные, населяющие тропический дождевой лес, обитают преимущественно на вершинах деревьев, где больше всего пищи. В этих лесах практически нет трав и малоплодородные почвы. Земля покрыта лишь тонким слоем подстилки — гниющими листьями, экскрементами и разного рода органическими остатками, которые быстро перерабатываются грибами и бактериями, а образовавшиеся минеральные соли вымываются регулярно идущими дождями.



Рис. 31. Сибирская тайга и африканская саванна

В тропических лесах трудно найти рядом два-три растения одного и того же вида. Обычно здесь густо произрастают отдельные (единичные) особи очень многих видов древесных растений, чего никогда не наблюдается в наших лесах умеренного пояса. Поэтому уничтоженный *тропический лес нельзя воссоздать искусственной лесопосадкой*, как это делается при выращивании человеком еловых, сосновых, пихтовых лесов. Дело в том, что леса умеренного климата обычно образованы многочисленными особями одного вида (ель или сосна, береза, пихта, лиственница). Лишь в некоторых лесах лесообразующими породами оказываются 2–3 или 4 вида (смешанный лес, дубрава). Чем специфичнее условия среды, тем беднее видовой состав биогеоценоза и выше численность населяющих его видов. Этого не наблюдается в тропических влажных лесах.

Однообразие лесов умеренного и холодного климата обусловлено тем, что здесь находится очень много особей, но небольшого числа или единственного вида деревьев. Подобное явление вызвано тем, что в природе мало древесных видов, адаптировавшихся к холодному климату, к резкой смене сезонных температур, к промерзанию почвы, где находятся корни. В этих районах довольно долгая зима и большая часть осадков выпадает в виде снега. Из замерзшей почвы деревья не могут добыть воду и восполнить утраченную при испарении, хотя они его и замедляют: листопадные породы сбрасывают к зиме листья, а хвойные приобрели игловидные листья с толстой восковой кутикулой. Животное население в таких лесах не отличается видовым разнообразием. Оно увеличивается в летний период за счет перелетных птиц и пробудившихся от зимнего сна многих видов животных организмов.

Однако все типы лесных экосистем развиваются в определенных почвенно-климатических условиях и как коренные существуют на Земле длительное время. Их называют *естественными* или *природными*, так как они возникли естественным путем в процессе длительных вековых смен, на конкретных территориях, в единстве с условиями внешней абиотической среды.

Травянистые биогеоценозы отличаются от лесов отсутствием древесной растительности и высокой степенью разложения тканей опавших листьев и травянистых стеблей. Степи и прерии занимают обширные территории в довольно засушливых областях внутренних частей материков, а саванны находятся в сходных, но еще более жарких областях. Степи и прерии — это *биомы*, т. е. совокупности многих разных биогеоценозов, развивающихся на высокоплодородных почвах — черноземах. Здесь обитает множество видов трав (разнотравье) и различных животных, приспособившихся переносить периоды засухи и холодных бесснежных зим. К сожалению, естественных степных экосистем на Земле практически не осталось, так как они все распашаны и превращены в поля, засеваемые зерновыми, бобовыми и другими культурами. Лишь небольшая доля степей и прерий сохранилась в первозданном виде на клочках «неудобий» — между оврагами, у обочин дорог и на крутых склонах гористой местности.

Луга – это биогеоценозы, растительный компонент которых представлен сообществом многолетних трав, требующих достаточного увлажнения. Луга занимают низменные, хорошо увлажняемые территории, например в поймах рек (заливные луга), материковые низины (суходольные луга), например лесные поляны. Бывают также горные луга, в том числе высокогорные (альпийские луга). В этих биогеоценозах основу растительного покрова летом составляют многочисленными видами злаков и цветущего разнотравья, а среди животных много насекомых (жуки, мухи, бабочки и др.). Луга – это главные сенокосные угодья и места постоянного выпаса скота.

Культурные экосистемы. Наряду с естественными в природе имеется большое разнообразие биогеоценозов, созданных усилиями человека. Это различные лесопосадки, поля, плантации, сады, парки, аквариумы, пруды и пр. Биогеоценозы, создаваемые человеком, называют *культурными* или *искусственными*. Обычно это сообщества, представленные на землях сельскохозяйственного пользования, занятых посевами или посадками культурных растений. Среди них полевые биогеоценозы называют *агробиоценозами* или *агрэкосистемами* (греч. *agros* – «поле»).

Все культурные экосистемы характеризуются комплексами организмов, входящих в их состав, различными типами взаимоотношений между видами, в том числе трофическими связями, образующими цепи и сети питания. В отличие от естественных биогеоценозов в культурных человек по своему усмотрению создает определенный видовой состав, контролирует условия среды обитания видов, их численность, плотность и типы взаимодействия между видами. Создавая благоприятные условия возделываемому виду, человек подавляет другие, ненужные ему виды (сорняки, фитотрофное население). Смена культурного биогеоценоза тоже происходит по воле человека. Достаточно устойчивыми при смене агроценозов остаются лишь комплексы обитателей почвы. Агробиоценозы, или полевые сообщества, – наиболее широко распространенные культурные экосистемы.

Растениеводство зародилось в разных частях земного шара примерно 9–10 тыс. лет назад. В настоящее время площадь обрабатываемых сельскохозяйственных земель достигает уже 14,5 млн км², что составляет около 10% поверхности суши. При этом на полях выращивается лишь 13 видов растений, которыми питается большая часть человечества. Поэтому агробиоценозы важны не только в биологическом, экологическом, но и в экономическом отношении.

В большинстве случаев агробиоценозы создаются возделыванием одного вида культурного растения (пшеница, рис, рожь, свекла, хлопок, лен). Реже практикуются смешанные посевы (овес с горохом, клевер с тимофеевкой, кукуруза с бобовыми и т. п.). На практике же в состав агробиоценоза непременно входят еще разнообразные сорные растения, а также бактерии, грибы, водоросли, простейшие, черви, насекомые, иногда грызуны и птицы.

Такое соотношение групп населения в агробиоценозе не обеспечивает его должной устойчивости, а наоборот, нередко ведет к деградации.

Структура и устойчивость агробиоценоза организуется и поддерживается человеком исходя из его интересов и с помощью современных технических и химических средств. Видовой состав (сортовое разнообразие), горизонтальная, вертикальная и возрастная структуры биогеоценоза отличаются относительной простотой и однородностью. Обеспечение влагой, минеральными веществами, а также обработка почвы (рыхление, вспашка, прополка, полив и пр.) — все осуществляется человеком. Поэтому предоставленный сам себе агробиоценоз оказывается неустойчивым и подвергается более или менее скорой деградации, неизбежно приближаясь к естественным зональным типам биогеоценозов.

В существовании агробиоценозов принципиальное значение имеет *неполнота круговорота веществ в их системе*. Это происходит потому, что ежегодно вместе с урожаем из полевой экосистемы изымается большая часть продукции. В связи с этим идет обеднение почвы, которое лишь частично компенсируется внесением минеральных и органических удобрений.

Слабая устойчивость агробиоценозов определяется еще и тем, что вмешательство человека привело к замене естественного отбора у видов искусственным отбором. При этом отбор идет не по качествам, полезным для вида растений, а по свойствам, важным для человека, иногда даже в ущерб жизни самого вида растения. В результате эти виды (сорта) теряют самостоятельность в поддержании своего существования, а их агробиоценозы без помощи человека быстро вытесняются более конкурентоспособными естественными экосистемами, обладающими эффективными механизмами самоподдержания.



Агробиоценозы представляют собой упрощенные и неустойчивые экосистемы, созданные и поддерживаемые направленной деятельностью человека.

Совокупность многообразных биогеоценозов образует целостный биогеоценотический покров Земли, т. е. биосферу, а отдельный биогеоценоз представляет ее элементарную структурную единицу. Естественные биогеоценозы все чаще уступают свою территорию культурным, особенно агробиоценозам. Поэтому в настоящее время уже значительная доля (более 10 %) глобальных функций биогеоценозов (поддержание газового состава и гидро-термического режима атмосферы, качества почв, создание первичной продукции и др.) выполняется агробиоценозами. Пропорционально этой доле возросла и мера ответственности человека за судьбу биосферы.

1. В умеренной зоне человек может вырастить лес (сосновый, еловый, березовый, дубраву). Почему он не сможет вырастить тропический лес?

2. Докажите, что естественные биогеоценозы более конкурентоспособны, чем культурные биогеоценозы.

3. Русский поэт А.В. Кольцов в стихотворениях «Песня земле» и «Песня пахаря», написанных в середине XIX в., обращается к земле как к живому существу. При этом мы можем представить некоторые особенности агробиоценозов и полевых работ тех времен. Какие чувства у вас, жителей XXI в., вызывают работа в поле и само поле как агробиоценоз?

Ну! тащися, сивка,
Пашней, десятиной,
Выбелим железо
О сырую землю.

<...>

Ты прости меня, земля-матушка,
Что рвала я твою грудушку
Сохой острою, разрывчатой...

<...>

Не урядливым гребешком расчесывала,
Рвала грудушку боронушкой,
Со железными зубьями ржавыми...

§ 22

Сохранение разнообразия биогеоценозов (экосистем)

Антропогенное влияние. Биогеоценозы – это основные структурные компоненты биосферы. Их разнообразие и распространенность по земной поверхности имеют большое значение для человека, поскольку в них он получает продукты питания, вещества для лечения, материалы для изготовления одежды и постройки жилья, сырье для промышленного производства и т. д.

Человек издавна оказывал влияние на природу, воздействуя как на отдельные виды растений и животных, так и на биогеоценозы в целом. Преобразование ландшафтов в города и иные поселения, создание сельскохозяйственных угодий и промышленных комплексов охватило уже более 20 % территории суши. Усиливающееся загрязнение вод Мирового океана отходами промышленного производства, активное изъятие большого количества различных животных (рыба, креветки, криль, крабы, кальмары, осьминоги, акулы, киты, моржи, тюлени, черепахи, губки и др.) и водорослей привели к опасному сокращению численности видов в отдельных водных экосистемах, к изменению их структуры, что ведет к потере устойчивости и деградации (разрушению) биогеоценозов.

Кризисное состояние большинства экосистем вызвано факторами антропогенного воздействия (истребление популяций и видов живых организмов, разрушение биотопов, уничтожение биогеоценозов или замена одного другим и т. п.).

Известны многочисленные факты массовых «нашествий» различных видов животных и растений чужеземного происхождения, завезенных человеком в не свойственные им биогеоценозы. В большинстве случаев такие виды на своей родине массового размножения не дают, но в новых для них районах, при отсутствии факторов, сдерживающих их рост и развитие, начинают процветать и размножаться. Появление новых видов вызывает сдвиги в местной природе, аборигенные сообщества изменяются, соотношение численности их популяций катастрофически нарушается, что нередко приводит к упрощению структуры биогеоценоза и к потере его устойчивости и даже деградации. К упрощению биогеоценозов и увеличению численности отдельных видов могут приводить обработка почвы, внесение ядохимикатов, неумеренный выпас скота, вырубка леса, ветровая и водная эрозия почв, запруды рек и т. п. Химическая обработка, проводимая в целях борьбы с вредителями и сорными растениями, сопровождается гибелью многих других видов естественного биогеоценоза, в том числе и полезных. Все это разрушает биогеоценозы и развивает неустойчивость биосферы.

Пути сохранения биогеоценозов. В едином биогеоценозическом покрове Земли особенно важная роль принадлежит лесам.

Суммарные запасы растительной массы (фитомассы) в лесах составляют 82% всей фитомассы Земли; занимают леса более 30% площади суши. Леса выступают мощным фактором регуляции многих процессов в биосфере. Лесные растения предохраняют почвы от водной и ветровой эрозии, служат убежищем и кормовой базой для многочисленных видов животных, бактерий, грибов и лишайников.

Бережное отношение к лесной растительности, создание искусственных лесопосадок, осуществляемое человеком в разных местах земного шара, отмена химических средств защиты растений от вредителей и другие лесозащитные мероприятия могут остановить исчезновение высокопродуктивных лесных биогеоценозов, регулирующих многие природные процессы на обширных территориях биосферы. Однако уничтожение лесов во многих странах опережает их восстановление.

Большая работа ведется в агробиоценозах для повышения их продуктивности и устойчивости к воздействию факторов среды: отбираются стойкие к повреждениям виды и сорта растений, применяется щадящая агротехника обработки почвы, вносятся комплексные удобрения, проводится обогащение культурных биогеоценозов полезными видами насекомых и других животных. Заботливое отношение к агробиоценозам позволяет получать устойчивые урожаи культур и сохранять плодородие почв.

В настоящее время все больше внимания уделяется не только сохранению различных биогеоценозов и поддержанию их устойчивости, но и восстановлению старых и созданию новых биогеоценозов на разрушенных землях. Ученые-биологи работают над конструированием экосистем с заданными свойствами на территориях, вышедших из промышленного использования.

Выбросы пустой породы (терриконы) вокруг горнодобывающих предприятий, золоотвалы, образующиеся после сжигания каменного угля, карьеры и котлованы, лишенные почвенного покрова, свалки и стоки бытовых и производственных отходов, занимающие огромные площади, — это все территории, малопригодные для поселения растений и животных. Благодаря специальным исследованиям разработаны перспективные приемы создания искусственных биогеоценозов на таких субстратах промышленного производства по типу *рекультивации* (лат. *re* — приставка, выражающая возобновление, обратное действие; *cultivo* — «возделывание») — восстановления утраченного.

Шахтные породы содержат ядовитые для растений и других организмов вещества, препятствующие формированию здесь сколько-нибудь сложных сообществ. Поэтому создание в таких местах даже самых простых сообществ начинают с детоксикации зольных отвалов, подбора и посева различных видов бактерий, цианобактерий и примитивных грибов, перерабатывающих углистые соединения в гумусовые, после чего эти места заселяются специально подобранными растениями.

Освоение золоотвалов и терриконов из пустой породы после угледобычи, предпринимается на Урале, в области Курской магнитной аномалии и некоторых других местах, начинают с поселения бактерий, водорослей, актиномицетов, грибов, а затем по мере накопления гумуса и улучшения водного режима (и снижения температуры субстрата в отвалах) формируют растительные группировки — вначале простые (обычно из неприхотливых однолетников — сорняков), затем более сложные сообщества из растений местной флоры. В Подмосковном угольном бассейне некоторые эффективные травосмеси уже в течение 3—4 лет создают на отвалах дернину мощностью 7—10 см, что позволяет осуществлять жизнеспособные посадки кустарниковых и некоторых древесных пород. Животное население по мере развития растительности вскоре тоже здесь появляется и самостоятельно (и стихийно) осваивает эти места. Искусственное восстановление почвенного покрова — важный этап в создании многовидового устойчивого биогеоценоза.

Рекультивация, т. е. направленное конструирование биогеоценозов с заданными свойствами, устойчиво функционирующих в условиях антропогенной среды, — важное направление природоохранной деятельности. Наряду с этим ведутся также большие работы по сохранению типичных зональных и уникальных древних — реликтовых (лат. *relictum* — «остаток») биогеоценозов.

Охрана биogeоценозов включает в себя сохранение местообитаний животных и растений, поддержание разнообразия популяций и видов как фактора устойчивости экосистем, нейтрализацию антропогенных влияний. Наиболее распространенными формами охраны биogeоценозов являются заповедники, заказники, национальные парки и памятники природы.

Заповедник — участок территории суши или акватории, где для сохранения всего природного комплекса биogeоценозов и биологического разнообразия популяций и видов полностью исключаются все производственные формы хозяйственной деятельности. В отличие от заповедника, в заказнике запрещается использование определенных видов природных ресурсов (отдельных видов или групп растений, животных, природных сообществ, полезных ископаемых). **Национальный парк** — это обширная охраняемая территория, природные условия которой не подвергались сильному антропогенному воздействию или где исторически деятельность человека пребывает в гармонии с природой. **Памятники природы** — уникальные или типичные, ценные в научном, культурно-познавательном или эстетическом отношении природные объекты: рожи, озера, водопады, старинные парки, реликтовые сообщества, отдельные деревья, валуны, редкие виды (например, гинкго двуполостное, тюльпанное дерево, гроздовник, ужовник, лотос, пеликан розовый, байкальский тюлень) и т. п.

Охрана и восстановление биogeоценозов, осуществляемые в настоящее время человеком, ставят целью сохранение природы, поддержание ее биологического и структурного разнообразия в биосфере и улучшение качества окружающей человека природной среды.

1. Поясните, почему необходимо сохранять разнообразие биogeоценозов в биосфере.
2. Охарактеризуйте принципиальные особенности сохранения и восстановления биogeоценозов.
3. Назовите известные в вашей местности заповедники, заказники или памятники природы. В каких из них вам удалось побывать? Расскажите о своих впечатлениях.

Природопользование в истории человечества

Начало освоения природы людьми. На протяжении всего периода существования человечества становление цивилизации и развитие культуры происходили в процессе активного природопользования. Освоение природы началось около 2,5 млн лет назад, во времена существования древнейших людей, т. е. первых видов из рода *Человек* — *Человек умелый* (*Homo habilis*) и *Человек прямоходящий* (*Homo erectus*).

От первых проявлений пробуждающегося разума у древнейшего человека до вершин современной цивилизации отношение к природе является критерием культуры общества.

Изготовление каменных орудий древнейшими людьми стало началом не только истории материальной культуры человечества, но и изменений природы силами человека на всей поверхности земного шара. Ученые полагают, что уже около 15 тыс. лет назад человек полностью заселил весь свой современный ареал. С этих времен человек стал жить и осваивать природные ресурсы всех географических зон на разных материках.

Первые воздействия людей на природу были связаны лишь с добычей (собираТЕЛЬСТВОМ) пищи и расселением по земной поверхности. Но, научившись пользоваться огнем, люди стали применять его не только для обогрева в пещере, но и для загонной охоты на зверя, для выжигания леса, чтобы расчистить площадку для жилищ или посевов. Неосторожное пользование огнем часто приводило к большим опустошительным пожарам. Многие считают, что выжигание человеком тропических лесов в Африке способствовало увеличению площади саванн, привело к замене первичных тропических лесов в Индии вторичными — джунглями.

Значительно повлияла на природу охота, особенно коллективная на крупных животных. Охота стала мощным фактором становления человека. Планирование загона зверя и осуществление охоты способствовали усложнению социальных отношений, развитию человеческой речи и разума, активности мыслительной деятельности. Вместе с тем создание все более ухищренных способов коллективной охоты и увеличение численности человеческого населения привели к гибели большого числа животных в разных регионах планеты. Полагают, что к 1600 г. по вине человека исчезло не менее 150 видов крупных позвоночных животных. Эти изъятия крупных животных из среды консументов нарушали по вине человека устойчивость биогеоценозов.

Применение примитивных орудий, использование огня, совместное проживание и коллективная добыча пищи обозначили качественно новую ступень в освобождении первобытного человека от влияния природы и зародили в нем стремление к господству над ней.

Начало культурного освоения природы. Около 10 тыс. лет назад первые в истории человечества возникло производящее хозяйство — земледелие и скотоводство. Земледелие повлекло за собой переход к оседлому образу жизни людей. Появились крупные поселения с численностью жителей до 5—6 тыс. человек. Такие скопления людей в отдельных центрах — «очагах» — стали оказывать весьма существенное негативное воздействие на природу. Увеличение площадей, распаханных под посевы; изменение русел рек и подземных водотоков для оросительных систем и снабжения селян питьевой водой;

вырубка лесов под пашни, на постройку домов и для обогрева; выпас скота на равнинах и склонах холмов и гор — вся эта интенсивная, но неумелая хозяйственная деятельность вызывала смывы почв, их засоление, деградацию и опустынивание. Это вело к нарушению хрупкого равновесия между человеческим обществом и природой и сопровождалось гибелью многих различных по свойствам природных биогеоценозов и заменой их агроценозами (рис. 32).

Если коллективная охота обусловила гибель многих крупных животных, то развитие земледелия, животноводства и оседлость населения стали причиной существенных изменений во всем комплексе условий окружающей среды, особенно в местах древних цивилизаций.

Переход от охоты и собирательства к земледелию и скотоводству из-за огромной значимости в жизни человека, общества и природы часто называют *сельскохозяйственной революцией*. Сельскохозяйственная революция считается наиболее значимым событием в овладении человеком средой обитания.

Начало научного освоения природы. Эпоха Возрождения положила начало новому этапу в истории человечества. Это было время Великих географических открытий, зарождения современного естествознания, просвещения и промышленности.

С помощью мореплавания человечество расширило свой пространственный кругозор и стало накапливать разнообразные сведения о природе иноземных стран. Возросла деловая активность, в мировоззрении людей прочно утвердилась идея, что человек может быть хозяином своей судьбы, а разумным трудом он может взять у природы все необходимое ему для жизни. С освоением различных ископаемых форм энергии (каменного угля, горючих сланцев, нефти) начинается бурное развитие промышленности. Создание парового двигателя привело к появлению механизированного транспорта, различных механизмов и машин.

Следует заметить, что античная цивилизация дала миру целый ряд крупных философов-мыслителей, заложивших основы наук о природе. Интерес

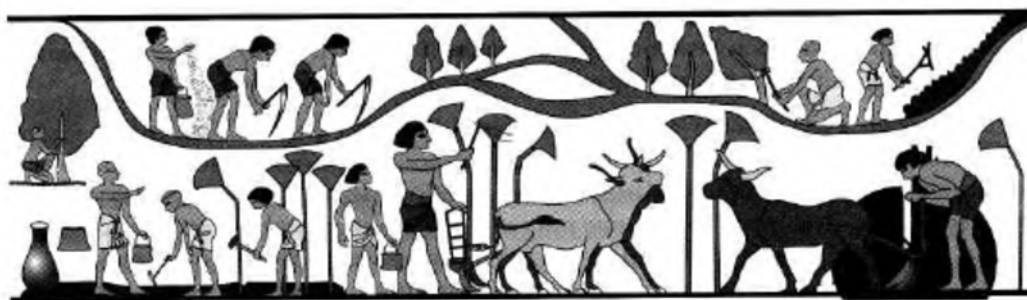


Рис. 32. Превращение девственного ландшафта долины Нила, поросшей деревьями и кустарниками, в пахотные угодья. Фрагмент иероглифов на стенах храма Древнего Египта

к природе диктовался нуждами земледелия, мореплавания, медицины и других областей культуры. В учениях философов античного мира человек выводился из природы, противопоставлялся ей и ставился в центр мироздания. Так на смену обожествлению природы, присущему цивилизациям первобытных людей, пришел антропоцентризм. Природа рассматривалась лишь как основа материальной деятельности человека, его мастерская. Критерием ценностей стало служить утверждение: «Человек есть мера всех вещей».

Однако уже тогда, в Древнем мире, некоторые философы высказывали недовольство достижениями цивилизации и избыточностью потребностей человека. Например, греческий философ Диоген из Синопа (ок. 400–325 до н. э.) призывал человека ограничить свои потребности лишь самым необходимым и уподобиться в этом естественной природе. Он писал: «Лишь труды в согласии с природой ведут к счастливой жизни».

Античный мир от начала Новой истории отделяет тысячелетний период Средневековья. Господствовавший в этот период низкий технический уровень ведения земледелия, особенно применение подсечно-огневого способа расчистки земель под посевы, привел к значительному сокращению лесов, уничтожению растений, животных и изменению общего облика поверхности Земли.

Промышленное освоение природы. В XVIII–XIX вв. произошла промышленная революция. Она способствовала массированному воздействию человека на природную среду биосферы. В огромных масштабах шло отчуждение земель под промышленные производства, бурный рост которых сопровождался загрязнением воздуха и растительности, эрозией почв, изменением климата, исчезновением многих видов растений и животных, ухудшением пастбищ, истощением природных ресурсов.

Однако не только развитие промышленности, но и потребительское отношение людей к богатствам природы вели к ее истощению. Пример тому — известные с детства хрестоматийные строки Н.А. Некрасова из его стихотворения «Дедушка Мазай и зайцы», написанного в 1870 г.:

...Старый Мазай разболтался в сарае:
— В нашем болотистом, низменном крае
Впятеро больше бы дичи велось,
Кабы сетями ее не ловили,
Кабы силками ее не давили;
Зайцы вот тоже, — их жалко до слез!
Только весенние воды нахлынут,
И без того они сотнями гинут, —
Нет! еще мало! бегут мужики,
Ловят, и топят, и бьют их баграми.
Где у них совесть?..

Неизмеримым по своей мощи и скорости нарастания влияний человека на природу в целях повышения комфортности своего существования стал XX в. В науке, особенно в области естествознания, были сделаны небывалые прорывы: открытие новых видов энергии (атомная энергия), создание новых для планеты химических органических соединений (нейлон, капрон, ядохимикаты и др.), выход в космос, познание законов наследственности и создание новых сортов культурных растений и пород животных, устойчивых к болезням, клонирование организмов. Эти достижения обозначили качественно новый этап в жизни человечества — не только покорение природы, но и переделка ее свойств в угоду человеку. Этот новый уровень цивилизации, особенно во второй половине XX в., назвали *научно-технической революцией* (НТР).

Осознание роли человека в природе. Однако успехи в покорении природы, вызванные НТР, были восприняты людьми с оптимизмом лишь на короткий срок. Обнаружившиеся изменения в природе, произошедшие под влиянием человеческой деятельности, оказались губительными не только для природы, но и для самого человека, для всего человечества и в целом для всей биосферы.

Ответами общества на возникшую под влиянием антропогенного действия угрозу существования жизни на Земле стали новый взгляд на взаимоотношения природы и человека, требование разумного (рационального) подхода к использованию возможностей природы с обязательным учетом ее вековых связей и взаимодействий. Появилось осознание важности биологического разнообразия, разнообразия биogeоценозов и закономерностей их жизни в биосфере. Возникла также острая необходимость не только в изучении взаимного влияния природы и общества для обеспечения их устойчивого развития и сохранения биосферы, но и в экологическом образовании населения планеты с целью развития у людей экологической культуры.

1. Каким образом гибель крупных животных могла сказаться на устойчивости биogeоценозов?
2. Какой из этапов природопользования в наибольшей степени изменил свойства биосферы?
3. Подумайте.
 - Почему человек так активно воздействует на природу?
 - Как можно остановить губительное влияние человека на природу?
 - Что вы можете сделать для сохранения живой природы и окружающей среды?

Биогеоценозы как источник благополучия людей. Удовлетворение человеческих потребностей немыслимо без эксплуатации природных ресурсов. Человек, как и любой биологический вид, представляет собой часть единой природной системы. Вместе с тем человек как социальное существо, как член человеческого общества должен эксплуатировать природную систему для производства материальных благ и обеспечения своего существования. Такое противоречивое положение, в котором оказывается человек по его отношению к природе, мешает его правильному поведению в биосфере и осознанию своей роли в ней.

На современном уровне развития общества природа рассматривается как источник самых разнообразных ресурсов: производственных, сельскохозяйственных, здравоохранительных, рекреационных (обеспечивающих лечение и отдых людей), эстетических, научных, территориальных, экологических и др. Все эти ресурсы в разных уголках Земли предоставляют людям биогеоценозы.

Одной из причин сложившегося напряжения в отношениях человека и общества с природой является укоренившееся в сознании людей потребительское отношение к природным богатствам. Человек с момента его появления на Земле привык постоянно брать из природы все, что ему необходимо. Он вырубал леса, собирал плоды, древесину и корни растений, охотился на зверя, ловил рыбу, использовал естественное плодородие почвы, расходовал пресную воду и тем нарушал равновесие в экосистемах. Природа с помощью своих механизмов устойчивости восстанавливала свою структуру и равновесие в биогеоценозах. Это породило у человека представление о безграничных возможностях природы, из которой можно брать сколько угодно богатств, ничего не возвращая. Такая беспечность человека, его неразумное и хищническое отношение к ценностям биосферы совсем не случайно обернулись, подобно бумерангу, угрозой существованию человечества и всего живого на Земле.

Особенно необратимым оказалось воздействие человека в течение всей его истории на растительность. К началу XX в. резко возросло освоение степных биогеоценозов. В настоящее время пахотные земли в степной зоне занимают более 70 % территории, остальные 30 % заняты пастбищным скотоводством, городами и промышленными предприятиями. Естественных коренных экосистем фактически нет. Распаханность степей вызвала пыльные бури, которые, сдувая плодородный гумусовый слой, истощают почвы.

С хозяйственной деятельностью человека связаны изменения во всех без исключения биогеоценозах, и эти изменения в преобладающем большинстве ведут к ухудшению состояния природных сообществ. Это происходит во всех природных зонах на территории всей планеты. В этих условиях сохра-

нение живого покрова Земли стало насущной задачей человечества. В разных местах земного шара созданы природные заповедники, научные заказники, национальные парки, взяты под охрану ландшафты, памятники природы и другие ценные природные объекты. В нашей стране в 90-х гг. XX в. насчитывалось 75 заповедников (1,25 % территории России), более 1,5 тыс. заказников (3 % территории), несколько тысяч памятников природы и 22 национальных парка.

Однако лишь созданием заповедников и других типов охраняемых территорий нельзя остановить деградацию природы. Интенсивность вредного воздействия человека на природу вышла за пределы возможностей биологического саморегулирования живых систем. Нарушения экологического равновесия в окружающей среде самым непосредственным образом вызывают ухудшение здоровья людей. Пути выхода из сложившегося кризисного состояния природы дает наука *экология*, которая исследует зависимость существования живых систем от имеющихся условий окружающей среды, определяет рациональные пути и способы природопользования.

Экологические законы природопользования. Пути природопользования хорошо показал известный американский эколог Барри Коммонер в книге «Замыкающийся круг», вышедшей в русском переводе в 1974 г. Он выделил четыре исходных принципа, позволяющих установить гармоничные взаимоотношения человека и общества с природой, обеспечить существование биогеоценозов и сохранить биосферу. Эта программа получила название «Законы экологии». Назовем их.

1. Все связано со всем. В природе все взаимосвязано. Природные экосистемы находятся в состоянии экологического равновесия. Вред, наносимый одному компоненту экосистемы, может привести к нарушению функционирования всей экосистемы. Поэтому человек обязан предвидеть все возможные последствия своего вмешательства в природу.

2. Все должно куда-то деваться. В природных экосистемах нет ненужных отходов, так как все биогеоценозы в процессе биологического круговорота с помощью биологического разнообразия своего населения способны освоить всю образующуюся биомассу без нарушения экологического равновесия в экосистеме. Безотходных технологий в производстве не бывает, поэтому человеку нужно думать о надежных методах захоронения отходов или их вторичном использовании.

3. За все надо платить. Человек не может безвозмездно расходовать природные ресурсы, загрязнять окружающую среду. Изъятые из природы должны быть в нее возвращены. Поэтому общество должно нести определенные финансовые расходы и на восстановление естественных экосистем, и на содержание служб, контролирующих рациональное природопользование.

4. Природа знает лучше. Изымать биологические ресурсы из экосистемы можно лишь в таком количестве, чтобы она смогла сама восстановить их за счет своих механизмов устойчивости. Человек, не знающий зако-

нов жизнедеятельности природы, улучшая или переделывая ее, нарушает весь ход исторически сложившихся естественных процессов.

Все четыре закона тесно связаны между собой, образуя единый венок законов, «замыкающийся круг». Выполнение их всех (без исключения) позволит предотвратить негативные изменения окружающей среды.

1. Какой вред биосфере наносит истребление лесов?
2. Поясните, почему животноводство, важное для жизнедеятельности человека, рассматривается как негативный фактор воздействия на естественные биогеоценозы.
3. Поясните, каким положениям современного природопользования созвучны слова, сказанные Иоганном Вольфгангом Гёте в 1783 г.: «Природа... всегда права; ошибки же и заблуждения исходят от людей»; «Мы постоянно на нее воздействуем, но власти над ней не имеем».

**Подведите итог.
Что вы узнали о биогеоценотическом уровне
организации живой материи?**

Проверьте себя

1. Что называют биогеоценозом?
2. Почему биогеоценоз называют экосистемой?
3. Какова роль биогеоценозов в биосфере?
4. От чего зависит устойчивость биогеоценозов?
5. Почему агробиоценозы считаются неустойчивыми экосистемами?
6. Назовите функции живого вещества в биогеоценозе.
7. Какие типы связей наблюдаются в биогеоценозах?
8. Какие компоненты считаются основными структурными единицами биогеоценоза?
9. Как протекает смена биогеоценозов?
10. Какие причины вызывают смену биогеоценозов?
11. Почему населением биогеоценозов считаются популяции, а не виды?
12. Какова роль биогеоценотического уровня жизни в существовании живой материи?
13. Какую закономерность отражает «правило 10 %»?
14. Как зарождаются биогеоценозы?
15. В чем заключается основное значение биогеоценозов для природы и для человека?

Замените подчеркнутую часть утверждения термином

Различные сообщества, представленные посевами или посадками культурных растений, занимают значительную часть суши на Земле.

Выскажите свое мнение

В каких направлениях может развиваться биогеоценоз, если в него внедряется популяция с сильными средообразующими свойствами? Различают три типа смен биогеоценозов: сукцессионные, катастрофические и вековые. В каких из них осуществляется процесс коэволюции видов?

Какие типы биоценологических связей между популяциями (+ +, + 0, + – и – –) особенно важны для поддержания устойчивости биогеоценоза?

Докажите верность или ошибочность утверждений

1. Существенной стороной биогеоценоза является круговорот веществ и поток энергии.

2. Трофические связи обеспечивают размещение популяций в биогеоценозе.
3. Биотоп – это экотоп, измененный живым населением экосистемы.
4. Чем специфичнее условия среды, тем беднее видовой состав биогеоценоза.
5. Сукцессия – это состояние устойчивости биогеоценоза.

Обсудите проблему

Какие природные явления, свойственные биогеоценозу, отражены в цитатах из двух разных литературных источников?

Вот, зима уже прошла; дождь миновал, перестал;
цветы показались на земле; время пения настало,
и голос горлицы слышен в стране нашей.
Смоковницы распустили свои почки, и виноградные
лозы, расцветая, издают благовоние.

Библия. Песнь песней Соломона (I в. н. э.)

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

Эразм Дарвин.

«Храм природы» (1802)

Основные понятия

Биоценоз, биотоп, биогеоценоз, экосистема, цепь питания, экологическая ниша, ярусность, экологическая пирамида, коэволюция, смена биогеоценоза, первичная продукция, вторичная продукция, устойчивость биогеоценоза, биогеоценозический структурный уровень организации живой материи.

Глава 4

Популяционно-видовой уровень жизни

Изучив материалы главы, вы сумеете охарактеризовать:

- вид и популяцию как биосистемы;
- движущие силы эволюции и их влияние на генофонд;
- суть синтетической теории эволюции;
- особенности и этапы происхождения уникального вида на Земле – *Человек разумный*;
- основные свойства и значение популяционно-видового уровня организации живой материи.

§ 24

Вид, его критерии и структура

Критерии вида. В природе существует огромное количество видов живых существ. Они населяют различные среды: почвенную, наземно-воздушную, водную, а также тела многих организмов. Любой биогеоценоз имеет в своем составе множество разнообразных видов. Они являются основными структурными элементами биогеоценозов, так как своими связями и взаимодействиями обуславливают устойчивое (или неустойчивое) их существование.

В настоящее время на Земле описано почти 2 млн видов живых существ, из них более 1,5 млн животных, свыше 300 тыс. видов растений, 40 тыс. видов грибов и более 3 тыс. видов бактерий и цианобактерий. Некоторые ученые считают, что на Земле, вероятно, существует сейчас не менее 4,5 млн видов.

Вид является основной структурной единицей в системе живых организмов.

Многообразие видов, своеобразие их свойств всегда вызывало у человека чувство изумления. При этом обращалось внимание на такие общие для всех видов свойства, как необычайная сложность строения организмов, приспособительный характер многих признаков и огромное разнообразие форм (рис. 33).

Для характеристики свойств вида часто используют определенные признаки организма как критерии, позволяющие отделить один вид от другого, даже от близкородственного вида. Назовем основные критерии вида: морфологический, физиолого-биохимический, географический, экологический и репродуктивный (или генетический). Рассмотрим эти признаки на примере сравнения двух видов млекопитающих из семейства зайцевых, рода зайцев – беляка и русака.

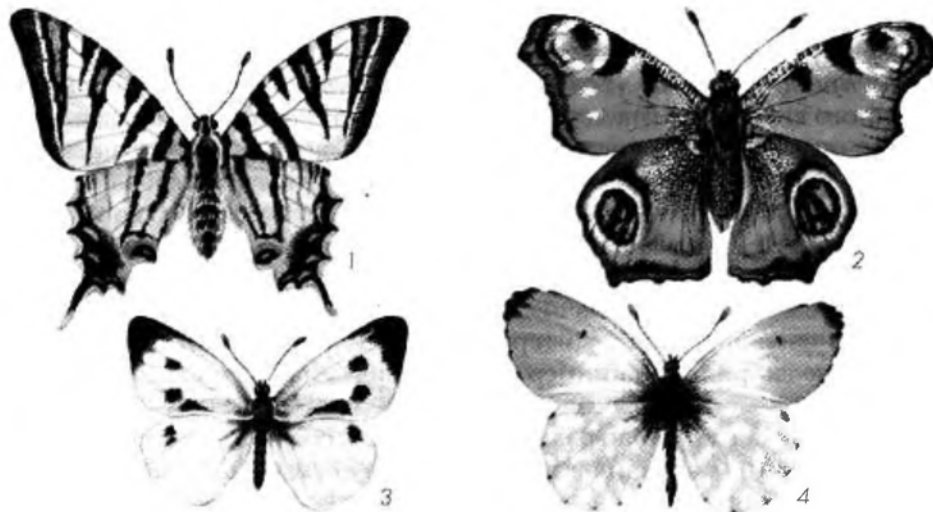


Рис. 33. Бабочки: 1 – подалирий; 2 – дневной павлиний глаз; 3 – капустница; 4 – зорька

Морфологический критерий фиксирует различия видов по внешним и внутренним признакам организмов. Так, заяц-беляк имеет тело длиной 45–65 см и вес 2,5–3,5 кг, а заяц-русак более крупный, его тело достигает длины 50–70 см, а вес – 5–7 кг. Уши у беляка короче, чем у русака. Кроме того, беляку свойственна сезонная смена окраски меха (этого почти нет у русака), а у русака хвост сверху черный (чего нет у беляка).

Физиолого-биохимический критерий фиксирует неодинаковость химических и физиологических свойств видов. Так, заяц-беляк в своем питании использует много коры деревьев и кустарников (осины, ивы), тогда как русак предпочитает питаться в основном травами. Беляк практически не пьет воду, а русак пьет.

Географический критерий свидетельствует, что каждый вид обладает своим *ареалом* (лат. *area* – «площадь», «пространство»). Беляк предпочитает холодно-умеренные зоны, а русак – теплые и тепло-умеренные. Беляк обитает в лесах и тундре Евразии и на севере Северной Америки, а русак – в степях, лесостепях и на открытых пространствах лесной зоны Европы, Юго-Восточной, Средней и Передней Азии, Северной Америки и в северных районах Африки.

Экологический критерий позволяет различать виды по комплексу абиотических и биотических условий, в которых они сформировались, приспособились к жизни. Беляк предпочитает кустарниковые заросли, небольшие лесные поляны, опушки леса. Для него характерны сезонные кочевки и резкие колебания численности. Беляк рождает детенышей два раза в год, а русак на юге может давать 3–4 потомства в год. Русак – животное открытых

местообитаний, часто посещает поля и огороды; из-за сокращения лесов значительно продвинулся на север, хотя избегает очень холодных районов.

Репродуктивный (генетический) критерий обуславливает изоляцию одного вида от других, даже от близкородственных. Все виды имеют особые механизмы, защищающие их генофонд (общий набор генов всех особей популяции) от притока чужеродных генов. Это достигается, главным образом, особенностями генотипа (набор хромосом, их количество и строение, набор генов в ДНК) у особей каждого вида. В итоге скрещивание особей с разными генотипами не дает возможности появления потомства. Генетический критерий является самым значимым, так как именно он контролирует репродуктивную изоляцию вида. Интересно, что в природе изредка встречаются межвидовые гибриды. Например, есть гибрид беляка с русаком — заяц-тумак, однако заяц-тумак всегда бесплоден.

Обычно виды хорошо различаются между собой даже внешне, но основным признаком их различия все же считается *нескрещиваемость* с особями других видов. Например, *береза повислая* и *береза пушистая*, внешне очень похожие друг на друга, сохраняют свои особые видовые качества независимо от того, растут они вместе в одном и том же лесу или в разных и удаленных местах. Также достаточно похожи виды синиц, например синица-московка и большая синица (рис. 34). Обладая *репродуктивной изоляцией*, каждый из видов сохраняет свои уникальные генетические свойства.

Современное представление о виде как о качественном и основном этапе эволюционного процесса возникло не сразу.

Впервые термин «вид» был применен Аристотелем для обозначения группы сходных между собой организмов. Но понятие «вид» у него носило чисто назывной характер. Представление о виде как о биологической категории впервые ввел

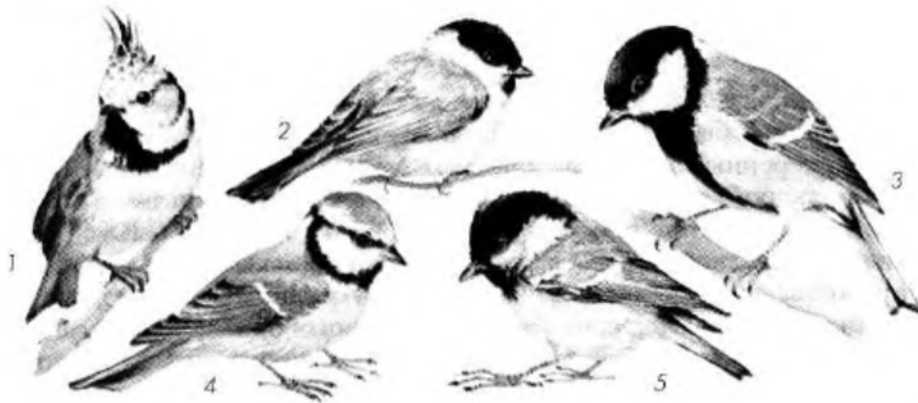


Рис. 34. Синицы: 1 — хохлатая синица; 2 — гайчка; 3 — большая синица; 4 — лазоревка; 5 — московка

английский ботаник Джон Рей (1686). Он же ввел двойное название видов. Однако первым основателем теории вида считается Карл Линней. Он сформулировал понятие о виде как об универсальной, дискретной и основной объективно существующей форме жизни. В определении вида Линней придерживался морфологической концепции, считая главными критериями морфологический и репродуктивный. Ж.Б. Ламарк, рассуждая об изменчивости видов, разработал основы эволюционной гипотезы изменения видов, но отрицал реальность существования видов.

Ч. Дарвин (1859) рассматривал вид как исторически возникающую и изменяющуюся совокупность организмов и определял механизмы образования видов. П.П. Семенов-Тянь-Шанский (1910) сформулировал концепцию *политипического вида*, по которой вид представляется как система, непрерывно развивающаяся путем внутренней дифференцировки на группировки, названные им термином «племя». Н.И. Вавилов (1931) отмечает, что внутривидовое разнообразие определяется разнородностью условий среды, что проявляется в приспособленности вида к среде обитания.

В начале 60-х гг. XX в. американский ученый-эволюционист Эрнст Майр (1904–2005) предложил *биологическую концепцию* вида, где он утверждал, что виды определяются не различием свойств, а *обособленностью*. Майр отмечал также, что виды состоят *не из особей*, а из *популяций*, и главной особенностью вида является его *репродуктивная изолированность* от других. После таких его высказываний в науке укрепился взгляд на вид как на *политипическую систему* – систему, состоящую из *популяций*. Слово «политипический» образовано от греч. *polys* – «многочисленный», «обширный» и *typos* – «тип». Понятие *политипического вида* в настоящее время признано в эволюционной теории всеми учеными в разных странах, а учение об эволюции раскрывается на основе *популяционной концепции* (лат. *conserptus* – «понятие»).

Вид – это совокупность групп особей – популяций, способных к скрещиванию с образованием плодовитого потомства.

Любой вид – это реально существующая генетически неделимая, политипическая (т. е. многопопуляционная) единица живого мира. Вместе с тем вид – это целостная живая система (биосистема), состоящая из различных популяций, объединенных общим генофондом, который обеспечивает его качественное отличие от других видов. Структура вида зависит от числа и разнообразия его популяций. Популяция выступает *главным структурным компонентом вида*. Благодаря популяциям вид представляет собой сложную, многоликую, репродуктивно изолированную динамическую биосистему.

Таким образом, вид – это совокупность популяций особей, сходных по строению, способных к скрещиванию, дающих плодовитое потомство, населяющих определенную территорию (ареал), обладающих рядом общих при-

знаков и типов взаимоотношений с окружающей средой и генетически изолированных от других таких же групп организмов.

Все виды в природе существуют в форме различных популяций. Благодаря популяциям вид полнее и лучше использует ресурсы своего ареала. Поэтому в определениях понятия «вид» всегда подчеркивается, что рассмотреть свойства вида можно лишь посредством изучения популяций как его структурных и функциональных составляющих частей. Разнообразие популяций у одного и того же вида позволяет подчеркнуть свойства этого вида, охарактеризовать его структуру, связи, отношения и роль в природе.

1. Охарактеризуйте вид как биосистему.
2. Почему репродуктивный критерий считается важнейшим среди других критериев вида?
3. Почему необходимо изучать биологические виды?
4. Найдите правильный ответ.
При определении принадлежности организма к тому или иному виду необходимо учитывать:
а) комплекс критериев вида;
б) знания о входящих в него популяциях;
в) род, к которому принадлежит вид;
г) историю развития вида.

Лабораторная работа № 2 (см. *Приложение*, с. 204).

§ 25

Популяция как форма существования вида и как особая генетическая система

Популяция как форма существования вида. В популяциях проявляются все основные свойства вида.

Термин «популяция» происходит от латинского слова *populus* – «народ», «население». Таким «народом», или «населением», в популяции выступают особи, точнее – совокупность особей.

Особь – это отдельный организм, или живое существо, индивид (лат. *individuum* – «неделимое»). Особь является дискретной (обособленной) и неделимой единицей жизни, происходящей от одной зиготы (при половом размножении) или одной споры, почки (при бесполом размножении). Самым существенным признаком особи является строгая взаимозависимость и соподчиненность всех ее отдельных частей – органов, что обуславливает функционирование особи как целого организма.

В состав популяции входят особи, различающиеся между собой по полу (мужские и женские) и возрасту (зачатки, новорожденные, молодые, взрос-

лые и старые). На определенной территории все разнообразие таких особей в популяции образует группировки особого состава и с особыми функциями. В совокупности же все они представляют собой единое целое, поскольку связаны между собой сложной системой взаимодействий и взаимозависимостей. Такое объединение взаимодействующих особей на определенной территории позволяет рассматривать популяцию как особую живую систему — биосистему со свойствами *группового* или *надорганизменного* характера.

Для совместной жизни особей в популяции большое значение имеет комплекс приспособлений, обеспечивающих контакты между ними или, наоборот, предотвращающих столкновения. Приспособления, свойственные виду, удерживают отдельных особей на определенном расстоянии друг от друга. Такие *индивидуальные территории*, или *участки* (жизненное пространство), свойственны фактически всем видам. У животных такими приспособлениями для удержания индивидуальных участков служат различные звуковые сигналы, пахучие метки, угрожающие позы и пр. У растений расстояния между особями поддерживаются различными химическими веществами, вырабатываемыми в процессе роста и развития и выделяемыми в почву и надземное пространство. От величины индивидуальных участков особей зависит густота размещения, т. е. *плотность* населения популяции на занимаемой территории.

Есть виды, у которых особи размещаются обычно очень близко друг к другу, создавая в биогеоценозе высокую плотность популяции (скворцы, дождевые черви, тли). Многие поселяются колониями (*лясточка-береговушка*, *суслики*, *сурки*, *полевки*, *песчанки*) или образуют заросли (*тростник обыкновенный*, *спорыш*, *ветреница дубравная*, *иван-чай* и др.). Наряду с этим есть виды, популяции которых объединяют особи, размещающихся друг от друга на значительном расстоянии (*голубой зимородок* в Подмоскowie, *синяя птица* или *голубой дрозд* на Тянь-Шане, *баргузинский соболь* в Сибири, *амурский тигр* в уссурийской тайге, а среди растений — *валериана обыкновенная*, *василек луговой*, *шалфей австрийский* и др.).

Особи, составляющие популяцию, непрерывно обмениваются информацией (наследственной, биохимической, деятельностной, сигнальной и др.). Эти информационные процессы представляют собой своеобразный механизм формирования и поддержания целостности популяции как биосистемы в пространстве и во времени.

Условия окружающей среды обуславливают характер размещения особей и их группировок по отношению друг к другу и к определенным элементам ландшафта. Это отражает свойственный виду тип пространственного использования территории. Пространственная структурированность создает как бы некое строение популяции, обеспечивающее ее нормальное функционирование и устойчивость.

Распределение особей в пространстве, с одной стороны, обеспечивает наиболее эффективное использование ресурсов среды (пищевых, защитных

и др.) и на этой основе повышает вероятность устойчивого существования, а с другой — служит основой устойчивого поддержания необходимого уровня внутривидовых контактов между особями.

В пределах одного и того же вида может насчитываться от одной до многих тысяч популяций. Обычно большое количество популяций имеют те виды, ареал которых имеет огромную протяженность и отличается биогеоценотически разнородным ландшафтом. С помощью популяций вид, размещаясь в разных биотопах, полнее использует условия среды обитания на территории своего ареала.

У каждого вида популяции могут различаться между собой по величине занятой территории в пределах видовой ареала, освоению ресурсов, а также по величине генетического сходства. Разнообразие популяций у одного и того же вида позволяет подчеркнуть приспособительные возможности свойств данного вида, охарактеризовать его структуру, связи и отношения, его роль в природе. Таким образом, популяции проявляют себя как *форма существования вида в биосфере*.

Популяция как компонент биогеоценоза. Именно популяции как части видов, а не виды целиком, входят в состав биогеоценозов. Популяции одного вида могут входить в состав нескольких биогеоценозов, чем обеспечивается способность вида существовать в разных условиях обитания в пределах своего ареала. Но обычно в биогеоценозе представлена лишь одна популяция какого-то вида.

Входя в состав биогеоценоза, популяция выполняет в нем определенную функцию: она либо служит поставщиком энергии (создает для кого-то питательные вещества, т. е. служит кормом), либо потребляет энергию сама (кого-то поедает). Соответственно этому популяция занимает в сообществе определенное место, активно участвуя в круговороте веществ и потоке энергии, занимает в биогеоценозе ту или иную экологическую нишу.

Таким образом, популяция — это не абстрактная единица вида, а *определенная совокупность особей вида, входящая в состав конкретного биогеоценоза и проявляющаяся в нем своим определенным функционально-энергетическим воздействием*.

Глубокие взаимные связи между популяциями разных видов обуславливают устойчивость биогеоценоза.

Популяция как генетическая система. Популяция никогда не является случайным собранием особей: все они как целостная биосистема связаны особенностями размножения и функциональным взаимодействием в сообществе. Популяция может объединять миллионы особей (например, у комаров) или всего несколько десятков животных (у крупных хищников). В том и другом случае они представляют единую воспроизводящуюся систему. Общая сумма особей популяции на определенной территории, т. е. *численность*, может быть относительно стабильной, но может меняться в десятки тысяч раз.

Популяция — это живая система, представленная совокупностью особей (индивидов), которая на протяжении очень длительного времени существует

в биогеоценозе, формирует там определенную экологическую нишу, при скрещивании дает плодовитое потомство и тем обеспечивает бесконечно длительное время своего размещения в определенном пространстве. При этом каждая популяция обладает определенной совокупностью генов всех входящих в нее особей, в том числе и генов, измененных разными мутациями. Поэтому популяция по совокупности генетической информации является также и генетической системой.

Совокупность всех наследственных задатков у отдельной особи представляет собой *генотип* (греч. *genos* – «род» и *typos* – «отпечаток»), а совокупность всех генотипов особей, составляющих популяцию, называют *генофондом* (греч. *genos* – «род» и фр. *fond* – «основание»). Генофонд характеризует генетическую систему популяции. При этом каждая популяция вида характеризуется своим особым генофондом, всегда несколько отличающимся от генофондов других популяций этого же вида.

Популяции, обитающие в разных географических и экологических условиях, подвергаются неодинаковым воздействиям абиотических и биотических факторов среды. Различия особенно четко проявляются у видов с широкими ареалами. Чем более изолирована популяция от других, тем более специфична она по своим генетическим особенностям.

Например, большие морфологические отличия наблюдаются у особей популяций бурого медведя – кавказской, европейской, камчатской, гобийской, североамериканской (гризли) и др. Последние две популяции бурого медведя нередко называют подвидами. Подвидами обычно считают географически обособленные популяции, в которых большинство (75 %) особей отличаются от особей других популяций вида по морфологическому или другому признаку (но не генетическому). Подвидом считается популяция зайца-беляка, обитающего высоко в горах Альпы. Ученые полагают, что альпийская популяция зайца-беляка – это результат проникновения вида в период максимального оледенения, наблюдаемого на евразийском континенте в середине плейстоцена (1 млн лет тому назад), когда ледники спускались до 50-й параллели. С отступлением ледников произошел разрыв ареала зайца-беляка и альпийская группа особей данного вида географически обособилась.

Таким образом, популяции – это внутривидовые группировки особей, связанных между собой происхождением (родством), длительное время совместно населяющих определенное пространство. Из популяций состоят виды. Генофонд популяции характеризует ее генетическую целостность и отличия от других популяций вида. Популяция является элементарной эволюционной структурой, где протекают элементарные эволюционные явления.

1. Какое значение для вида имеет его популяционная форма существования?

2. Поясните, каким образом популяции участвуют в круговороте веществ и потоке энергии биогеоценоза.

3. Замените подчеркнутую часть утверждения одним термином.

• От величины индивидуальных участков особей зависит густота размещения населения популяции в биогеоценозе.

• Общее количество особей на определенной территории — показатель существования популяции в природе.

• Совокупная смесь генотипов характеризует своеобразие каждой популяции.

Популяция — структурная единица вида

Типы популяций. В пределах одного и того же вида обычно насчитывается много популяций. С помощью популяций, размещающихся в разных биотопах, вид полнее использует условия среды обитания на территории ареала. Занимая значительную территорию своего ареала, вид обычно распадается на ряд группировок различного масштаба и неравноценных по ряду признаков, что обуславливает разнокачественность видового (и популяционного) населения.

Известный отечественный эколог профессор Московского университета Николай Павлович Наумов в 1955 г. в разнокачественном видовом населении выделил три типа популяций: географическую, экологическую и элементарную (рис. 35).

Географическая популяция — это крупная территориальная группировка особей общего населения вида. Она адаптирована к особенностям климата, рельефа и составу живого населения разных биогеоценозов на большом географическом пространстве ареала вида. Для особей данной географической популяции характерен генетический обмен, хотя он может быть редким. В результате скрещивания особи каждой географической популяции приобретают общий морфологический тип, одинаковую динамику численности населения и единый ритм жизненных проявлений, особенно в сроках размножения.

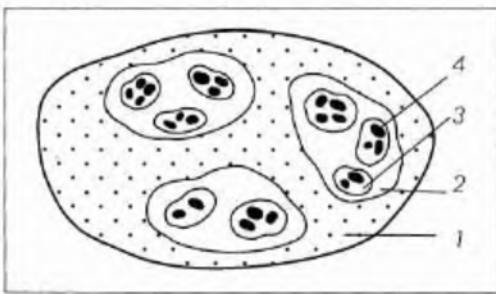


Рис. 35. Популяционная структура вида: 1 — ареал вида; 2 — географическая популяция; 3 — экологическая (местная) популяция; 4 — элементарная популяция

Географические популяции обычно разделены между собой какими-то физическими преградами (морья, реки, горы, города, автостреды и т. д.), создающими некоторую их

изолированность. На этой основе формируется генетическая специфика каждой популяции. Однако полной изолированности популяций не происходит, поэтому они входят в целостный состав вида.

Растения избегают биологической изоляции с помощью переноса на большие расстояния их пыльцы, спор, семян ветром, водой или животными. Животные благодаря своей подвижности нередко преодолевают географические барьеры. Характерно, что многие животные в период между сезонами размножения (перелеты птиц, сезонные миграции рыб, млекопитающих и многих других животных) перемешиваются между собой, а к периоду размножения благодаря «инстинкту дома» почти все возвращаются в район рождения.

Ареалы географических популяций различны. Например, целые полушария занимают географические популяции полярной крачки. Особи восточной географической популяции гнездятся на самых северных побережьях Евразии, а осенью улетают к южному побережью Австралии и Тасмании. Маршрут перелетов североамериканской географической популяции полярной крачки идет через Атлантику, затем вдоль западных берегов Африки, а далее к мысу Горн и Огненной Земле. Ареалы географических популяций некоторых видов моллюсков, амфибий, червей, перемещающихся в пределах небольшой территории, ограничены лишь несколькими десятками квадратных метров.

Географические популяции часто называют подвидами. Они обычно распадаются на группы, приуроченные к конкретным биогеоценозам или местам с существенными отличиями в микроклимате, гидрологическом режиме, рельефе. Например, одни распределяются в глубине леса, а другие — на опушке или пашнях, вдоль ручьев и т. п. Каждая популяция при этом имеет свои особые черты, чем-то отличающие ее от другой, соседней популяции того же ранга. Такие популяции называются экологическими или местными.

Экологическая, или местная, популяция — это группа особей, обладающая свойством целостности, населяющая особый тип местообитания в биогеоценозе. Она характеризуется единством экологических реакций на внешние воздействия. При обитании в особых условиях одного природного сообщества у особей экологической популяции развивается особый, но единообразный тип физиологических реакций, биологических ритмов и образ жизни. Эти признаки объединяют особей данной экологической популяции в единое целое и тем отличают ее от других экологических популяций того же вида. Экологические популяции обычно пространственно отграничены друг от друга условиями биотопа, но не изолированы, поэтому обмен генетической информацией между ними происходит хотя и не постоянно, но довольно часто.

Например, у обыкновенной полевки в пределах единой географической популяции существенно различаются такие экологические популяции, как пашенная

и кустарниково-лесная. Первая заселяет открытые безлесные участки, луга, пашни, поля злаковых культур. Вторая поселяется в более закрытых местах — среди кустарников, в перелесках, на опушках и лесных полянах.

Все экологические популяции, входящие в один биогеоценоз, известным образом специализированы, занимая в биогеоценозе ту или иную *экологическую нишу*.

Напомним, что, по метафорическому определению известного английского эколога Чарлза Элтона, экологическая ниша выражает своего рода профессию популяции в сообществе, ее специализацию в отношении характера пищи и способа ее добывания, времени суточной и сезонной активности, типа гнездования и т. п.

Экологические ниши свидетельствуют о большом разнообразии в специализации экологических популяций, особенно среди видов, сходных по способу добычи пищи. Например, в степных биогеоценозах Евразии копытные, сурки и суслики, входящие в общую группу травоядных, распределяются по разным экологическим нишам: поедающие выборочно высокотравье; поедающие низкотравье; питающиеся там, где сильно нарушен травостой (рис. 36).

Экологическая ниша — это одна из форм взаимодействия между экологическими популяциями в биогеоценозе, определяющая его устойчивость. Она обеспечивает также возможность нормального существования совместно многих видов в одном и том же биогеоценозе.

Любая экологическая популяция распадается на ряд отдельных, более мелких пространственных группировок, которые называют элементарными популяциями или микропопуляциями.



Рис. 36. Экологические ниши травоядных в степных биогеоценозах Евразии

Элементарная популяция, или *микрораспуляция*, – это небольшая группировка особей вида в биогеоценозе. В состав ее обычно входят генетически однородные (близкородственные) особи. Каждая микрораспуляция по морфофизиологии и поведению специфична. Различия между ними определяются их генетическим своеобразием и средой обитания. Однако частое смешение особей из разных элементарных распуляций, постоянно происходящее в природе, приводит к стиранию микрораспуляционных различий.

Не у всех видов четко выражены эти типы распуляций. Каждому виду свойственна однонаправленность индивидуальных адаптаций особей, совместно обитающих на общей территории, что создает единство их морфофизиологического облика, одинаковость биологических ритмов и образа жизни. Это единство служит основой формирования устойчивых взаимодействий между особями в распуляции. В свою очередь, разнообразием распуляций как единиц видового населения обеспечивается устойчивость вида в постоянно меняющихся условиях среды обитания.

Разнообразие распуляций у одного и того же вида позволяет подчеркнуть свойства этого вида, охарактеризовать его структуру, связи, отношения и роль в природе.

1. Какое значение для вида имеет распуляционная форма его существования?
2. Почему экологическую распуляцию нередко называют местной?
3. Выберите верный ответ.
Какую распуляцию представляет группа особей вида, населяющих биогеоценологически разнородную местность:
а) географическую;
б) экологическую;
в) элементарную?

§ 26

Распуляция как основная единица эволюции

Распуляционные основы эволюции. Отдельные распуляции вида, находясь в разных биогеоценозах, оказываются в некоторой, хотя и неполной, изоляции друг от друга. Поэтому случайное скрещивание и «перемешивание» генотипов особей осуществляется легче и чаще внутри распуляции, чем между соседними распуляциями этого же вида. А так как у всех организмов постоянно протекает спонтанный процесс возникновения мутаций, то всякая существующая в течение ряда поколений совокупность особей неизбежно будет насыщенной различными мутациями и, следовательно, станет разнородной

(гетерогенной) по своему генетическому составу. Поэтому любая природная популяция представляет собой весьма разнородную смесь разных генотипов, в том числе имеющих мутации многих генов.

Генетическая разнородность — главная особенность всех природных популяций.

Обмен наследственной информацией, происходящий в период размножения при половом процессе, является условием умножения генетического разнообразия популяции из-за возможной мутационной изменчивости (изменения в генотипе) и комбинативной изменчивости (перекомбинация генов при оплодотворении). Эти типы изменчивости обеспечивают огромные возможности изменения наследственной информации от поколения к поколению. Поэтому в разных популяциях одного и того же вида в ходе размножения особей всегда создаются различные генетические предпосылки для расхождения признаков — *дивергенции* (лат. *divergere* — «отклоняться»). Дивергенция — это расхождение признаков организмов в эволюции родственных линий, возникших от общих предков. Особенно заметно дивергенция происходит в условиях некоторой изоляции одной популяции вида от другой.

При постоянном давлении на популяцию различных факторов невысокой интенсивности ее генетический состав может оставаться более или менее неизменным и практически стабильным в течение достаточно длительного времени. Если же популяция будет испытывать интенсивное давление какого-то фактора, то неизбежно должно наступить смещение или изменение в генофонде популяции. При увеличении интенсивности и длительности давления факторов на популяцию ее генофонд изменяется на достаточно длительное время. В итоге произойдет *эволюционно значимое генетическое изменение популяции*. Поэтому популяцию считают *элементарной эволюционной структурой*, а изменение ее генофонда — *элементарным эволюционным явлением*.

Понятие микроэволюции. С момента, когда у популяции появляются существенные генетические отличия от других популяций того же вида и направленность этих изменений контролируется и поддерживается естественным отбором, начинается процесс, который спустя некоторое время завершится изоляцией данной популяции и появлением на ее основе нового вида. Этот процесс называют микроэволюцией.

Микроэволюция — это совокупность эволюционных процессов, протекающих в популяциях, которые приводят к изменению генофонда популяций внутри вида и к образованию новых видов. В этом процессе популяция представляет собой генетически открытую систему, в которой за счет притока новых генов (благодаря мутациям, перекомбинациям) осуществляется изменение ее генетического состава (генофонда).

В итоге спустя какое-то время (на протяжении ряда поколений) в такой популяции накапливается много новых генетических признаков, из-за кото-

рых ее особи уже оказываются способными скрещиваться только лишь внутри своей популяции. Как только популяция приобретает признак нескрещиваемости с особями из других популяций того же вида, она приобретает статус нового вида с особыми признаками, отделившегося от предыдущего, родительского, вида.

Обычно микроэволюционные процессы завершаются образованием новых видов. При этом новый вид может образоваться из одной популяции или группы смежных популяций. Часто процесс микроэволюции происходит на обособленных территориях (рис. 37) и протекает в течение достаточно длительного времени — на протяжении многих поколений особей популяции.

Новый вид возникает в ходе длительного процесса как результат микроэволюции на основе уже ранее существовавшего вида. Вид всегда происходит от вида.

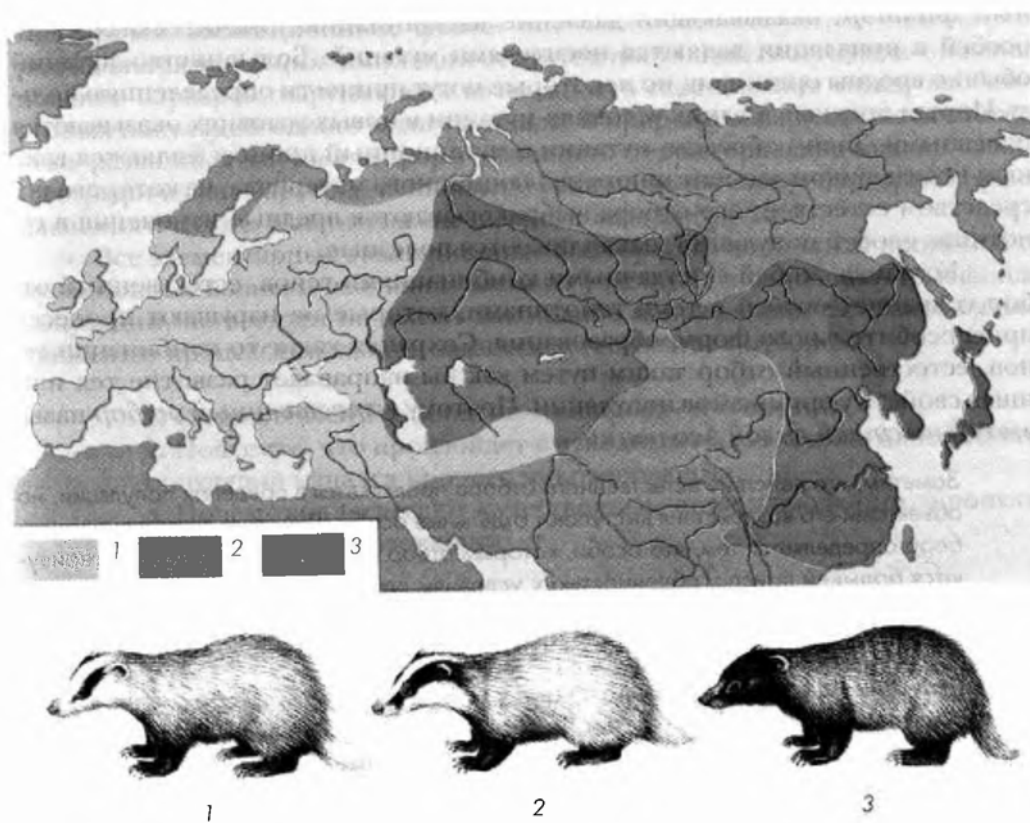


Рис. 37. Территории, занимаемые разными популяциями барсука (1, 2, 3)

Приобретая в микроэволюционном процессе репродуктивную изоляцию, новый вид уже характеризуется новой, своей, формой генетического равновесия генотипов в генофонде. При этом популяция проявляет себя как новый вид, а в генетическом отношении — как закрытая система, устойчиво сохраняющая свои признаки (генетические, морфологические, физиолого-химические, географические и экологические). Поэтому вид часто называют качественным этапом эволюции.

Движущие силы и факторы эволюции. Чтобы в популяции смогла начаться эволюция, она должна представлять собою смесь генотипически разных особей и групп особей — носителей различных *мутаций*. Причем частота возникновения таких мутаций в популяции должна быть достаточно устойчивой. Кроме того, чтобы в такой гетерогенной (разнородной) популяции могла начаться микроэволюция, она должна попасть под действие *естественного отбора как главного фактора эволюции*.

Мутации — это постоянно действующий *элементарный эволюционный фактор*, оказывающий давление на популяцию. Значительная часть особей в популяции являются носителями мутаций. Большинство мутаций обычно вредны организму, но некоторые могут принести определенную пользу. Иногда вредные в одних условиях мутации в новых условиях оказываются полезными. Таким образом, мутации и мутационный процесс являются важным поставщиком элементарного эволюционного материала, из которого посредством естественного отбора выбраковываются вредные изменения в генотипах особей популяции, накапливаются полезные.

Устраняя особей с неудачными комбинациями генов, естественный отбор сохраняет особей с теми генотипами, которые не нарушают процесса приспособительного формообразования. Сохраняя какие-то комбинации генов, естественный отбор таким путем как бы направляет развитие тех или иных свойств у организмов популяции. Поэтому *естественный отбор* называют *движущей силой эволюции*.

Заметим, что действие естественного отбора проявляется в пределах популяции, но объектами его воздействия выступают отдельные особи. Действие естественного отбора определяется тем, что особи, которым отбор благоприятствует, характеризуются большей приспособленностью к условиям среды и, следовательно, большей эффективностью в размножении. В итоге в генофонде популяции накапливаются именно те новые признаки, которые сохранились в условиях естественного отбора.

Естественный отбор обычно действует более эффективно, если в популяции имеется достаточно высокая численность особей. В разные годы в существовании популяций наблюдаются колебания численности (нередко с определенной повторяющейся периодичностью). Отечественный генетик и энтомолог Сергей Сергеевич Четвериков (1880–1959) в книге «Волны жизни», вышедшей в 1905 г., высоко оценил значение колебаний численности популя-

ций для эволюции органического мира. Причины таких колебаний («волн жизни») могут быть различными, но, регулярно повторяясь, они дают в отдельные периоды огромное количество особей. Это позволяет естественному отбору поддерживать наиболее полезные признаки, тем укреплять или изменять генофонд популяции. В связи с этим *популяционные волны* изменения численности считаются, как и мутации, *элементарным эволюционным фактором*.

Таким же весьма значимым элементарным эволюционным фактором является *изоляция* популяции от других популяций своего вида — возникновение барьеров, нарушающих возможность скрещивания между особями разных популяций одного и того же вида. В природе обнаруживается множество различных случаев и форм изоляции: территориально-механические (географические барьеры) и биологические (поведенческие барьеры, морфофизиологические, экологические и генетические) (рис. 38).

Все элементарные эволюционные факторы (мутационный процесс, популяционные волны и изоляция) активно участвуют в изменении генофонда популяции, но все они не имеют какой-либо направленности. Направление движению процесса эволюции задается естественным отбором.

1. Охарактеризуйте понятия «генофонд» и «генотип».
2. Поясните, что произойдет с исходным видом, если в одной из его популяций начался процесс микроэволюции.
3. Почему вид называют качественным этапом эволюции, а популяцию — единицей эволюции?

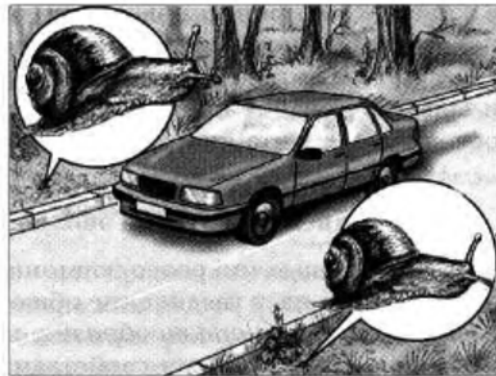


Рис. 38. Популяции малоподвижных организмов могут быть изолированы друг от друга всего несколькими метрами пространства

§ 27

Видообразование — процесс увеличения видов на Земле

Понятие видообразования. Процесс обособления популяции и переход ее в качественно новое состояние — вид — называют микроэволюцией, а разделение вида на дочерние виды называют *видообразованием*.

С образованием нового вида микроэволюционные процессы не прекращаются, а продолжают далее без какого-либо перерыва. С возникновением нового вида лишь завершается один этап грандиозного и постоянно идущего

в живом мире процесса эволюции и начинается новый этап — образование нового вида, с новыми свойствами и новой судьбой. Поэтому вид называют качественным этапом эволюционного процесса. А поскольку микроэволюция и видообразование протекают в популяциях вида, то популяцию называют основной элементарной единицей эволюции.



Популяция является элементарной единицей эволюции, а вид — качественным этапом эволюции.

С помощью микроэволюционных процессов видообразования на Земле постоянно идет увеличение общей суммы видов и создается их огромное разнообразие — *биоразнообразие*, нередко удивляющее своими уникальными приспособительными свойствами. Микроэволюция представляет собой магистральный путь увеличения многообразия видов на Земле как общей суммы живого вещества в биосфере.

Эволюция всегда необратима. Это значит, что исчезнувшие виды никогда не появляются вновь. В появившихся новых видах сохраняется все то, что было достигнуто в процессе эволюции и помогает существовать в новых условиях, например устойчивое закрепление отдельных полезных адаптаций. Закрепление и сохранение результатов эволюции оказывается возможным благодаря репродуктивной устойчивости видов.

Репродуктивная устойчивость видов — это историческая реальность. Однако эта устойчивость вида не абсолютна. Виды постоянно подвергаются изменчивости, которая обеспечивает гибкое приспособление организмов к изменяющейся среде обитания. Эти эволюционные процессы всегда начинаются внутри вида в той или иной его популяции. Процесс видообразования на Земле идет непрерывно с того момента, как появилась жизнь, когда возникли первые живые организмы. Он продолжается и в настоящее время.

Способы образования видов. Образование нового вида представляет собой процесс, завершающий микроэволюционную дифференциацию ранее существовавшего вида. В природе наблюдаются два способа видообразования: *географическое*, или *аллопатрическое* (греч. *allos* — «другой», «иной»; *patris* — «родина»), и *биологическое*, или *симпатрическое* (греч. *syn* — «вместе»; *patris* — «родина»).

Географическое видообразование происходит в тех случаях, если отдельные популяции вида будут полностью разъединены различными пространственно-территориальными барьерами: горными хребтами, реками, лесами, степью, морем, пустынями, автострадами, городскими застройками и пр. Эти барьеры становятся препятствием для встречи особей и прерывают обмен генами между популяциями вида.

Классическим примером географического видообразования, описанным еще Ч. Дарвином, служит появление ряда видов дарвиновых вьюрков на островах Галапа-

госского архипелага в Тихом океане. Полагают, что современные разные виды дарвиновых вьюрков — это потомки тех нескольких особей вьюрков из Южной Америки, случайно занесенных ветром на острова. Попавшие туда группы вьюрков стали основателями популяций на разных островах, а будучи изолированы друг от друга, они дали начало новым самостоятельным видам. Основные отличительные признаки разных видов дарвиновых вьюрков — строение клюва и способы питания птицы, которые находятся в тесной связи с особенностями добычи пищи в новых условиях.

Биологическое видообразование — это процесс, который ведет к формированию новых видов на основе первично возникшей биологической изоляции: переход на новый тип питания, изменение ритма активности, сроков спаривания и, главное, изменение генетических качеств (число или структура хромосом и др.).

В истории нашей планеты различными способами видообразования было создано огромное количество видов. Очень многие из них уже исчезли (рис. 39), став важным палеонтологическим багажом фактов развития жизни на Земле.

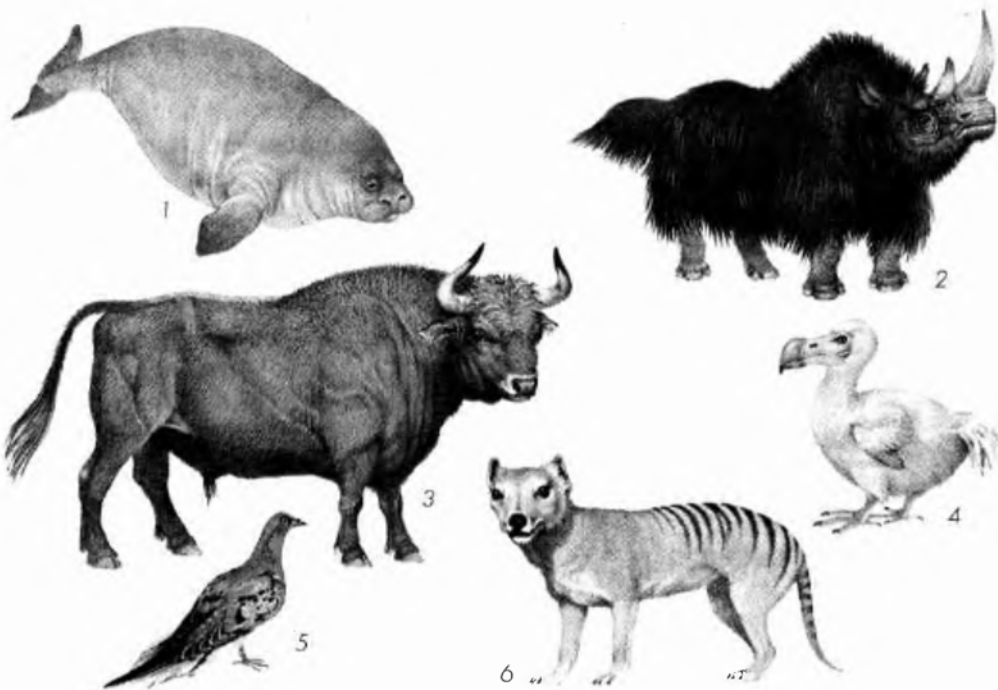


Рис. 39. Виды, вымершие по вине человека: 1 — стеллерова корова; 2 — волосатый носорог; 3 — тур; 4 — дронг; 5 — странствующий голубь; 6 — сумчатый волк

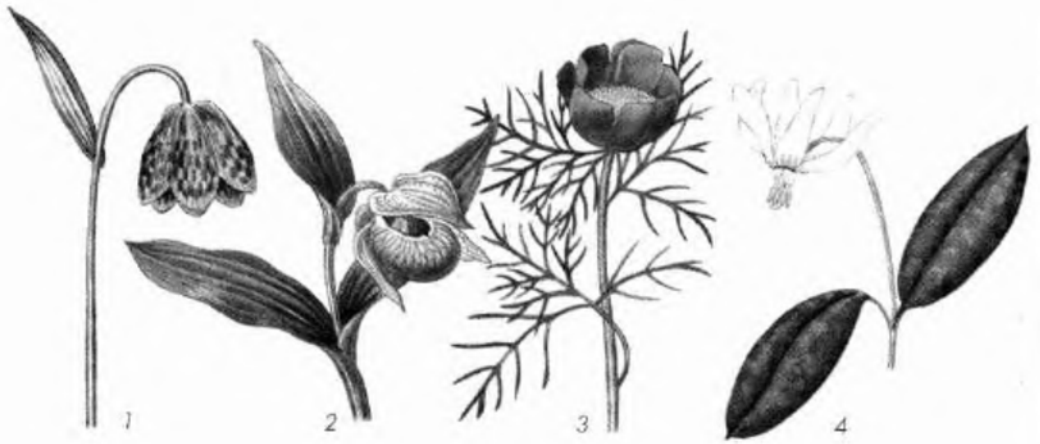


Рис. 40. Виды, находящиеся под угрозой вымирания. Растения: 1 – рябчик Эдуарда; 2 – венерин башмачок крупноцветковый; 3 – пион тонколистный; 4 – кандык кавказский

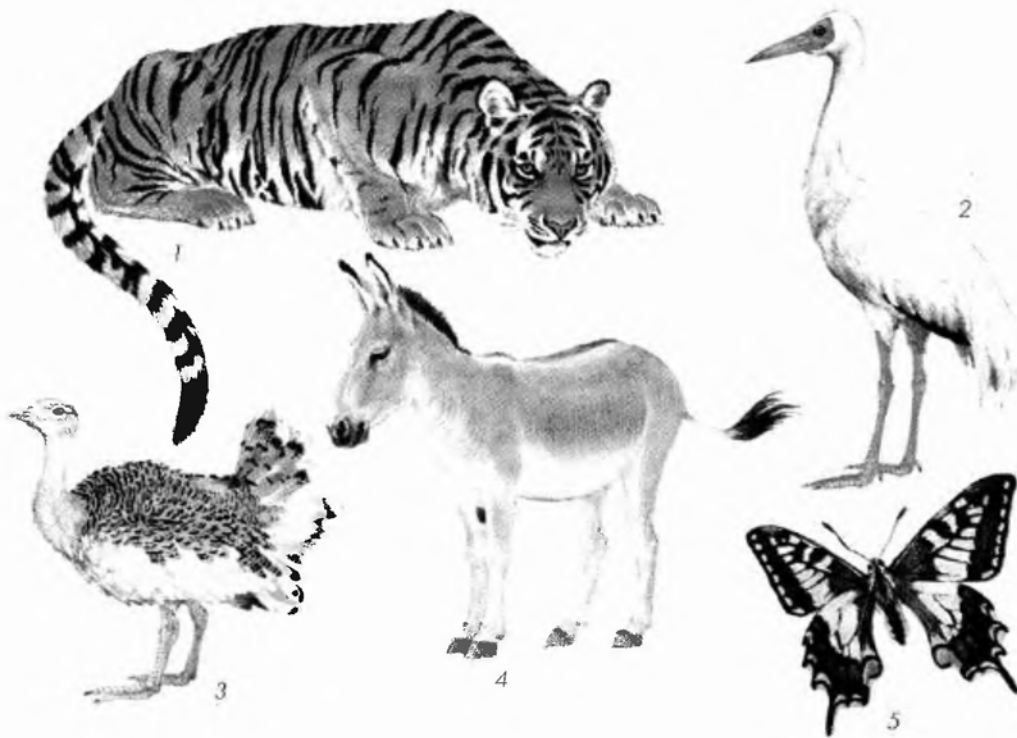


Рис. 41. Виды, находящиеся под угрозой вымирания. Животные: 1 – тигр уссурийский; 2 – стерх; 3 – дрофа; 4 – кулан; 5 – махаон

По приблизительным подсчетам, к настоящему времени описано более 2 млн ныне живущих видов, а по некоторым сведениям, число существующих видов достигает 4,5 млн. Были сделаны также подсчеты и уже вымерших видов, существовавших на Земле за всю геологическую историю. Общее их число составляет от одного до нескольких миллиардов. Такое множество видов природа создала путем процесса видообразования.

Виды, живущие в современную эпоху, являются прямыми потомками лишь небольшой части видов, относящихся к более раннему периоду истории Земли. Значительное число видов, некогда широко распространенных по земному шару, вымерло, не оставив после себя никаких потомков, но сохранившись в виде ископаемых форм.

Причины вымирания отдельных видов и особенно массового вымирания крупных групп часто неизвестны. Но многие из них согласуются с изменениями в геологии и климате Земли, с появлением новых биогеоценозов и особых биоценологических взаимодействий. Это дает возможность объяснить вымирание отдельных видов и крупных групп какими-то причинами общего характера (рис. 40 и 41).

Не менее важной причиной вымирания отдельных видов, особенно в последнее время, является разнообразная деятельность человека в природе. На совести человечества лежит исчезновение очень многих видов (рис. 42).

Масштабы уничтожения видов в настоящее время оказались столь велики, что возникла угроза нарушения устойчивости биосферы. Данное обстоятельство выдвинуло перед человечеством такую важнейшую задачу, как сохранение генетического и видового разнообразия живого вещества планеты. Поэтому с 90-х гг. XX в. по линии ООН выполняется крупная международная программа, направленная на поддержание и сохранение биологического разнообразия как условия устойчивого развития биосферы и человечества.

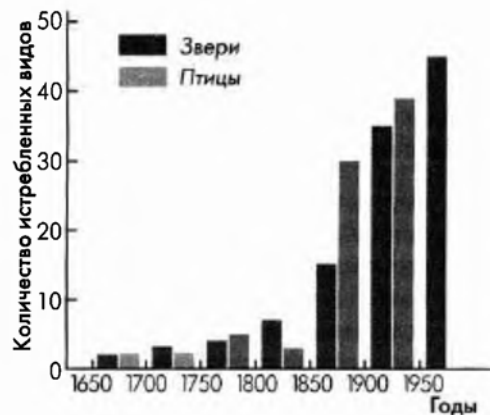


Рис. 42. Нарастание истребления видов зверей и птиц в XVII–XX вв.

1. Возможно ли биологическое видообразование у географически обособившейся популяции? Обоснуйте свой ответ.
2. Что произойдет с исходным видом, если в одной из его популяций начался процесс микроэволюции?

3. В каких случаях от одного исходного вида возникает несколько различных видов? Обоснуйте свой ответ.

Система живых организмов на Земле

Попытки систематизации биологических видов. Выявление новых видов продолжается и в настоящее время. Огромное разнообразие видов необходимо систематизировать, т. е. распределить виды живых существ по отдельным систематическим группам на основе их сходства в строении и родства. Такую задачу решает систематика.

Систематика (греч. *systematikos* — «упорядоченный», «относящийся к системе») — раздел биологии, целями которого являются описание, именование и распределение организмов по отдельным группам различного ранга — таксонам (греч. *taxis* — «расположение»).

Таксон — это группа организмов, связанных той или иной степенью родства, достаточно обособленная от других таксономических групп. Таксонами также называют группы различного ранга — вид, род, семейство и др. Таксономические категории подразумевают обозначение не реальных организмов, а их групп определенного ранга, или уровня, т. е. ступени в определенной иерархии систематических групп живых организмов.

Систематика стремится к созданию системы организмов, отражающей все таксономические уровни — от видовых и подвидовых (популяционных) до высших таксонов (царств и надцарств).

Первые попытки классификации организмов известны с глубокой древности. Аристотель (IV в. до н. э.) полагал, что на Земле существуют лишь растения и животные, которые он обозначил как царства (*regnum*) в натуральной (естественной) истории. Животных он разделял на различные группы в зависимости от образа жизни (водные, воздушные и др.) и строения частей тела. Ученик Аристотеля Теофраст (III в. до н. э.) подразделял растения по внешнему облику на травы, полукустарники, кустарники и деревья. Обе эти классификации долго существовали в науке, но они были искусственными, поскольку не основывались на единстве происхождения живых организмов. Основы систематики как науки заложили английский натуралист Джон Рей (1686–1704) и особенно шведский естествоиспытатель Карл Линней (1707–1778). Дж. Рей впервые сформулировал понятие о виде как о группе сходных организмов, имеющих общих предков, и отметил, что «один вид никогда не зарождается из семени другого». Понимая вид в качестве реальной, но неизменной группы, Рей разделил животных по некоторым анатомическим особенностям, например по строению рогов, копыт и т. п. Однако его классификация была примитивной и искусственной.

Карл Линней в основу классификации положил генеративные (производительные: лат. *gengere* — «рождаю», «произвожу») признаки организмов, на этой основе ввел определение вида живых организмов, а также бинарное (двойное) обозначение (название) вида и сгруппировал сходные виды в ряды (роды), семейства и классы. Линней установил традицию латинского обозначения видов, причем первым словом (как существительное) является обозначение рода, а вторым (как прилагательное) — вида, например: *Plantago major* — подорожник большой, *Canis familiaris* — собака домашняя. С утверждением в биологии учения Ч. Дарвина систематика организмов стала развиваться на основе эволюционного происхождения и родства видов.

Современная систематика строит систему всех существующих и вымерших организмов на основе эволюционных, или филогенетических (греч. *phylon* — «род», «племя»; *genesis* — «происхождение»), отношений, опираясь на данные разных разделов биологии (морфологии, генетики, эмбриологии, молекулярной биологии, экологии и др.).

Система, построенная на основе эволюционного родства организмов, называется естественной системой живых организмов.

Систематика служит базой для многих разделов биологии в их теоретической и прикладной (практической) частях. Особая роль систематики заключается в том, что она создает возможность ориентироваться во множестве существующих видов.

Современная система организмов. Подавляющее большинство ныне живущих организмов состоит из клеток. По признаку клеточного строения все живые организмы делятся на *неклеточные* и *клеточные*.

Неклеточные организмы — это *вирусы* (лат. *virus* — «яд»). Вирусы — очень разнообразные неклеточные формы жизни, способные проникать в определенные живые клетки различных организмов и размножаться только внутри этих клеток, используя их вещество и энергию. К настоящему времени описано около тысячи видов вирусов. Они распространены в природе повсеместно и поражают все клеточные организмы. Все многообразие неклеточных форм жизни систематика объединяет в одну крупную таксономическую группу — царство *Вирусы*.

Клеточные организмы — более разнообразная группа, и ее разделяют на два надцарства: *Доядерные*, или *Прокариоты*, и *Ядерные*, или *Эукариоты*. В надцарстве прокариот выделяют два царства — *Бактерии* (в том числе *цианобактерии*, или *синезеленые водоросли*) и *Архебактерии*. В надцарстве эукариот различают три крупные группы: царство *Растения*, царство *Животные* и царство *Грибы*.

Взаимоотношения крупных систематических групп показаны на рисунке 43.

Естественная система охватывает все разнообразие таксонов живых организмов и основывается на их родственных эволюционных связях, сходстве строения и свойств.



Рис. 43. Система живых организмов Земли

Основной единицей классификации служит вид.

Вид объединяет особей, характеризующихся достаточно близким родством, чтобы обеспечивать скрещивание между собой. Каждый вид относится к *роду*, в котором находятся и другие виды, сходные с первым, но уже репродуктивно изолированные от него. Один или несколько близких родов объединяются в *семейства*, имеющие общее происхождение и четко выраженные отличия от других семейств. Семейства объединяются в *порядки (отряды)*, порядки и отряды объединяются в *классы*, а классы – в *отделы (типы)*, которые различаются между собой наиболее существенными морфофизиологическими свойствами входящих в них организмов, соответствующими главным направлениям эволюционного развития. Отделы (типы) группируются в *подцарства*, затем в *царства, надцарства* и *империю*. Обычно каждая последующая группа более высокого ранга содержит большее число видов, связанных все более отдаленным родством.

Система разных таксономических групп отражает степени эволюционного развития органического мира и родственную преемственность между группами организмов.

Современная система живого мира выстроена систематиками лишь во второй половине XX в., так как до его середины весь органический мир делили только на два царства — Растения и Животные. При этом к растениям относили и грибы, и бактерии, и цианобактерии, а вирусы не считали живыми организмами. Принципиально важным оказалось создание в 50-х гг. XX в. электронного микроскопа, позволившего увидеть своеобразие прокариотных клеток и их отличие от эукариотных. В результате были выделены два существенно различающихся надцарства со своими царствами живых организмов.

Распределение организмов по разным таксономическим группам не является простым делом. Даже разграничение животных и растений, особенно на уровне их одноклеточных организмов, составляет проблему. Примером тому может служить класс *Жгутиконосцы* — очень древняя группа одноклеточных организмов. Их местоположение в системе живого мира пока еще четко не определено. Поэтому одних представителей жгутиковых организмов включают в царство растений (например, зеленые одноклеточные жгутиковые водоросли — хламидомонаду, эвглену зеленую), а других — в царство животных (например, жгутиконосцев — *трипаносом*, *опалин*, *трихомонад*). У первых имеются хлоропласты, несущие зеленый пигмент хлорофилл, поэтому они на свету осуществляют фотосинтез и являются автотрофами. Вторым свойственен гетеротрофный обмен веществ: как животные, они используют в качестве пищи готовые органические вещества. Имеются также виды, совмещающие в себе обе формы обмена — автотрофный и гетеротрофный (например, политома и хиалогониум из вольвоксовых), поэтому отнести их к тому или иному царству трудно.

Не менее сложным является определение систематического положения ряда многоклеточных организмов. Например, среди плоских червей есть несколько групп видов (паразитирующих на внутренних органах морских беспозвоночных животных), которых ученые относят то к типу *Плоские черви*, то к типу *Кишечнополостные*. Группа беспозвоночных животных *Тихоходки* (длина тела — 0,1–1,2 мм) в своем строении сочетают черты кольчатых червей и членистоногих. Подобных примеров много. Имеются и случаи ошибок. Так, ланцетник первоначально был описан как моллюск (*Limax lanceolatus*), а позднее было показано, что это хордовое животное (*Branchiostoma lanceolatus*). Долго не включались в систему живых организмов вирусы.

Большие разногласия идут по поводу подцарства животных *Простейшие*: многие зоологи включают в него не только одноклеточные водоросли, но и низшие грибы. Эти разногласия ученых свидетельствуют, что четкой границы между тремя царствами эукариот нет, и в то же время подтверждают единство процесса исторического развития мира живых организмов, в ходе которого появлялись промежуточные формы, имеющие признаки переходного характера, сближающие (или отделяющие) одну группу организмов с другой.



Систематика дает важные доказательства эволюции, показывая, что все организмы связаны между собой филогенетически в результате существующих между ними эволюционных взаимоотношений.

Затрудняющим фактором для выяснения филогенетического положения отдельных групп в системе живого мира является неравномерное изучение свойств видов ряда таксономических групп. Во многом это определяется разной степенью сохранности ископаемых остатков или древностью данной группы, а также тем, что до настоящего времени еще не весь живой мир, его виды и надвидовые группы исследованы учеными. Кроме того, в результате антропогенного воздействия на природу многие виды исчезают. Это еще более затрудняет выяснение положения организмов в естественной системе и классификацию таксонов.

Невозможно предвидеть, какое значение для человечества может иметь тот или иной вид в настоящем и будущем, поэтому ученые разных стран мира совместно с Организацией Объединенных Наций разработали международную программу сохранения биологического разнообразия нашей планеты. В этой программе участвует и наша страна.

1. Охарактеризуйте роль систематики в науке биологии.
2. Почему таксоны высокого ранга не имеют такого близкого родства, как разные виды в одном роде?
3. Поясните, какую группу организмов выражает таксон «царство».

Сохранение биоразнообразия — насущная задача человечества

Биологическое разнообразие — это разнообразие форм живых организмов. Оно сформировалось на нашей планете в процессе эволюции органического мира и потому являет непреходящую ценность для сохранения непрерывности и устойчивости развития жизни на Земле. В Конвенции о биологическом разнообразии, принятой в 1992 г. на Конференции ООН в Рио-де-Жанейро, отмечается: «Биологическое разнообразие представляет собой большую ценность по экологическим, генетическим, социальным, экономическим, научным, образовательным, культурным, рекреационным и эстетическим причинам. Биологические ресурсы кормят и одевают нас, обеспечивают жильем, лекарствами и духовной пищей». Оно нужно также для удовлетворения потребностей всего населения Земли в продовольствии, а также для развития здравоохранения, культуры и других сфер жизни общества.

Биологическое разнообразие является необходимым условием поддержания устойчивости биосферы как среды жизни человечества. Прогнози-

рование климата, рациональное использование земель, создание высокопродуктивных сортов культурных растений и пород животных, устойчивых к болезням, сохранение редких и исчезающих видов, рациональное использование биологических ресурсов нашей планеты, поддержание постоянства газового состава атмосферы, озонового слоя, обеспечение глобального круговорота веществ и потока энергии в биосфере — решение этих и других жизненно важных вопросов связано с сохранением биологического разнообразия природы.

Не везде на Земле существует одинаковое число видов. Видовое богатство не распределяется равномерно по земной поверхности. Есть места, где встречается очень много различных видов, но есть и такие области, где видов мало. Например, в Индийском регионе, общая площадь которого составляет 328 млн га, по научным оценкам, видовое разнообразие представлено 45 тыс. видов растений и более 65 тыс. видов животных. Среди животных более 50 тыс. видов насекомых, 4 тыс. — моллюсков, 6500 — других беспозвоночных, 2 тыс. — рыб, 140 — амфибий, 420 — рептилий, 1200 — птиц и 340 видов млекопитающих. Параллельно с огромным разнообразием диких и дикорастущих видов в Индии выращивается более 150 видов хозяйственно ценных культур и существует значительное число разновидностей одомашненных животных и их полудиких сородичей, таких как буйвол, коза, овца, свинья, домашняя птица, верблюд, осел, як, слон, лошадь, собака и др. Присутствие почти 100 тыс. диких видов растений и животных свидетельствует о больших запасах генетического фонда флоры и фауны данного региона и возможностях его использования для поддержания устойчивости биосферы и для удовлетворения запросов человечества.

То же можно сказать и по поводу биологического богатства видов на территории России. Здесь, по данным Комитета по охране природы Российской Федерации на 1994 г., насчитывается более 25 тыс. видов растений и более 80 тыс. видов животных (беспозвоночных животных около 80 тыс. видов, около 550 видов позвоночных: 24 вида амфибий, пресмыкающихся — 69 видов, более 350 видов птиц, более 100 видов млекопитающих).

Однако в перечнях видов, обитающих на территории Индии, России, а также других регионов, не указано даже приблизительное количество видов грибов, лишайников и бактерий, жизнедеятельность которых весьма ощутима в природных экосистемах и важна для здравоохранения жителей этих мест и для животных.

Биологическое разнообразие включает в себя все виды растений, животных, грибов и микроорганизмов, в том числе редкие и исчезающие виды, к их числу относятся и те редкие виды, которые были обнаружены в XX в. (рис. 44). Знание о составе видов необходимо для оценки биологических ресурсов каждого региона и всей биосферы, а также для представления обо всем разнообразии свойств живой материи, которое появилось на нашей планете



Рис. 44. Животные, обнаруженные в XX в.: 1 – окапи; 2 – латимерия; 3 – комодский варан

за период ее существования, для выяснения эволюционно-родственных связей и зависимостей видов, для установления пределов возможностей природы в удовлетворении запросов человека.

Биологическое разнообразие, с одной стороны, воплощает историю развития живых форм на Земле (степень сложности организмов, их родственные связи) и характеризует богатство видов *системы организмов* биосферы, а с другой – показывает границы освоения биологических ресурсов, не наносящего урон живой природе и человечеству.

Снижение биоразнообразия на планете происходит, главным образом, из-за разрушения среды обитания живых организмов, загрязнения окружающей среды, привнесения инородных растений и животных и чрезмерной эксплуатации человеком биологических ресурсов.

Проблема утраты биоразнообразия. Под воздействием человека живой мир планеты стал изменяться как количественно, так и качественно. Если в предыдущие века с лица Земли исчезли, главным образом, виды, на которые велась интенсивная охота (мамонт, тур, дронг, карликовый слон и др.), то в настоящее время идет быстрое исчезновение видов, не имеющих промыслового интереса (насекомые, амфибии, рептилии и др.). При этом темпы исчезновения существенно ускоряются.

Например, если в XVII в. на Земле насчитывалось более 12 тыс. видов млекопитающих и птиц, то к концу XX в. 128 видов из них исчезли, около 300 оказались под угрозой исчезновения и около 700 видов стали редкими. При этом доля животных, исчезнувших от прямого воздействия человека (охота, отлов, сбор яиц, преследование), составила 86 %, а от косвенного (нарушение условий обитания) – лишь 14 %. В конце XX в. это соотношение стало иным: от прямого

воздействия исчезли 28 %, а от косвенного — 72 % видов. Основной причиной исчезновения и сокращения численности видов явилось разрушение среды обитания животных.

Известно, что леса и океаны обладают большим богатством видов различных организмов. Особенно богаты видами влажные тропические леса Южной Америки, Юго-Восточной Азии, Центральной и Западной Африки. Там сосредоточено более 50 % всех существующих растений и животных. Но именно в этих районах степень уничтожения лесов по разным причинам идет особенно интенсивно. Страны тропического региона активно продают древесину, особенно ее самые ценные породы. Как показывают исследования Национальной академии наук США (1980), ежегодно уничтожается около 20 млн га тропического леса. К началу XXI в. площадь этих лесов составила примерно 50 % первоначальной. При этом неизвестно, сколько исчезло почвенных и наземных видов.

Леса умеренного климата, славящиеся видовым богатством, хотя и не столь большим, как тропические, тоже уничтожаются очень интенсивно. По данным «Государственного доклада о состоянии окружающей среды Российской Федерации», сделанного в 1993 г., в результате промышленной вырубki истощены высокопродуктивные хвойные леса Карелии, Республики Коми, Пермской, Свердловской, Архангельской, Томской, Тюменской, Амурской областей, Красноярского края, Вологодской и Костромской областей.

На месте бывших лесных угодий создаются пашни и пастбища, в лесных массивах идет заготовка промышленной древесины и дров, леса уничтожают частые пожары и кислотные дожди. Не меньшую тревогу вызывает и ухудшение водной среды — из-за чрезмерного промысла водных животных в Тихом океане у берегов Приморья фактически исчезли некогда обильные виды морского гребешка, краба, голотурии, трепанга, мидии, осьминогов. На грани исчезновения находятся все виды китов, особенно из рода китов-полосатиков, заметно сокращается численность пресноводных беспозвоночных животных (раков, перловиц, жемчужниц, медицинских пиявок). Стали редкими в реках нашей страны белые лилии (нимфея белая), а в лесах Дальнего Востока фактически исчез дикорастущий женьшень. Подобных примеров очень много.

Все это представляет серьезную угрозу сокращения разнообразия жизни на Земле и нарушения исторически сложившихся отношений между видами. Поэтому на уже не раз упоминавшейся конференции в Рио-де-Жанейро (1992 г.) был принят специальный документ «Сохранение биологического разнообразия», в котором указывается: «Очень важно предвидеть, предупредить и устранить причины уменьшения биологического разнообразия. Мир должен сохранить биологическое разнообразие и обеспечить устойчивое использование его компонентов справедливым образом».

1. Поясните, в чем состоит значение биологического разнообразия.
2. Выясните состояние биологического разнообразия в России.
3. Какие законы Конституции Российской Федерации направлены на сохранение многообразия видов?
4. В настоящее время на Земле известно около 2 млн биологических видов. Ученые полагают, что в 70-х гг. XX в. в сутки исчезал один вид растений или животных, а в 90-х гг. — три вида в сутки. Что произойдет в биосфере за 50 лет (к 2050 г.), если такие темпы гибели видов сохранятся?

Происхождение человека. Земля — единственная из девяти планет Солнечной системы, где с течением времени сложилось и сегодня продолжается существование живого вещества. На определенном этапе развития нашей планеты возникли живые организмы, давшие на основе генетической разнообразности популяций начало всему многообразию различных видов. Знание механизмов протекания микроэволюции, первично вызывающей расхождение признаков — дивергенцию популяций и видов, — обеспечивает понимание исторического хода этих эволюционных событий. Напомним, что дивергенция — это расхождение признаков организма в ходе эволюции на разные родственные линии, возникающие от общих предков.

Видообразование, естественный отбор, эволюция осуществляли постепенное усложнение структуры организмов и нарастание количества и разнообразия видов, приспособленных к среде обитания. В результате взаимодействия эволюционных процессов, наследственной изменчивости и естественного отбора появилось огромное разнообразие биологических форм, среди которых имеются чрезвычайно высокоразвитые формы жизни, такие как организм человека. Его формирование началось на определенном этапе эволюции и увенчалось появлением особого вида *Человек разумный (Homo sapiens)*. Возникновение человека явилось закономерным следствием микроэволюционного процесса видообразования в ходе развития живой природы.

Человек относится к отряду *Приматы*, и эволюция человека является частью истории развития приматов. Процесс становления человека начался 35–40 млн лет тому назад среди животных, обитавших в лесных биогеоценозах районов Земли с теплым климатом.

Приматы — это группа лесных теплолюбивых плацентарных млекопитающих, приспособившихся к лазящему древесному образу жизни. Многие из них сохранили достаточно примитивную организацию. Очень важной особенностью приматов является их общественный (стадный) образ жизни. Приматы произошли от примитивных насекомоядных млекопитающих, которые перешли к лазящему древес-

ному образу жизни. К основанию эволюционного древа приматов, полагают, были близки древесные полуобезьяны — тупайи, обитающие ныне в тропических лесах Малайского полуострова и Филиппинских островов. Также с палеогена (т. е. 60–65 млн лет назад) известны остатки сумеречных животных — лемурув и ночных — долгопятов, ныне обитающих в тропических лесах Старого Света. От лемурув в те давние времена возникли настоящие обезьяны — антропоиды (греч. *anthropos* — «человек»). Вероятно, обособление от лемурув произошло в связи с переходом к дневной активности, сопровождалось усилением роли зрения, увеличением размеров тела и совершенствованием строения головного мозга и связанных с этим социальных форм поведения.

Из древнейших антропоидов, которые были достаточно разнообразными, наиболее известен *парапитек*, близкий по уровню организации к низшим мартишкообразным обезьянам. Возможно, что эта группа была предковой для более развитых антропоидов. Существовавший примерно в те же времена антропоид — *проплиопитек* многими учеными рассматривается как возможный предок современных гиббонов, которых обычно считают уже низшими представителями человекообразных, или антропоморфных приматов. К антропоморфным приматам помимо гиббонов относят и семейство *Понгиды*, представленное высшими человекообразными обезьянами (шимпанзе, горилла, орангутан), и семейство людей — *Гоминиды*.

Становление и развитие в биосфере вида *Человек разумный* имеет свою историю, которая достаточно хорошо освещена в науке. Доказано, что человек — выходец из животного мира, имеет своих предков среди животных и близких родственников, входящих в род *Человек (Ното)* в семействе *Гоминиды*, а также имеет современных родственников — человекообразных обезьян, образующих семейство *Понгиды* (рис. 45).



Рис. 45. Система отряда Приматы

В зоологической системе органического мира *Человек разумный* относится к классу *Млекопитающие*, отряду *Приматы*, в который он входит как член семейства *Гоминиды*.

Примерно 70 млн лет назад из популяции насекомоядных млекопитающих выделились ранние приматы. Они имели сильно развитые полушария головного мозга, пятипалые конечности, хорошо развитые органы зрения,

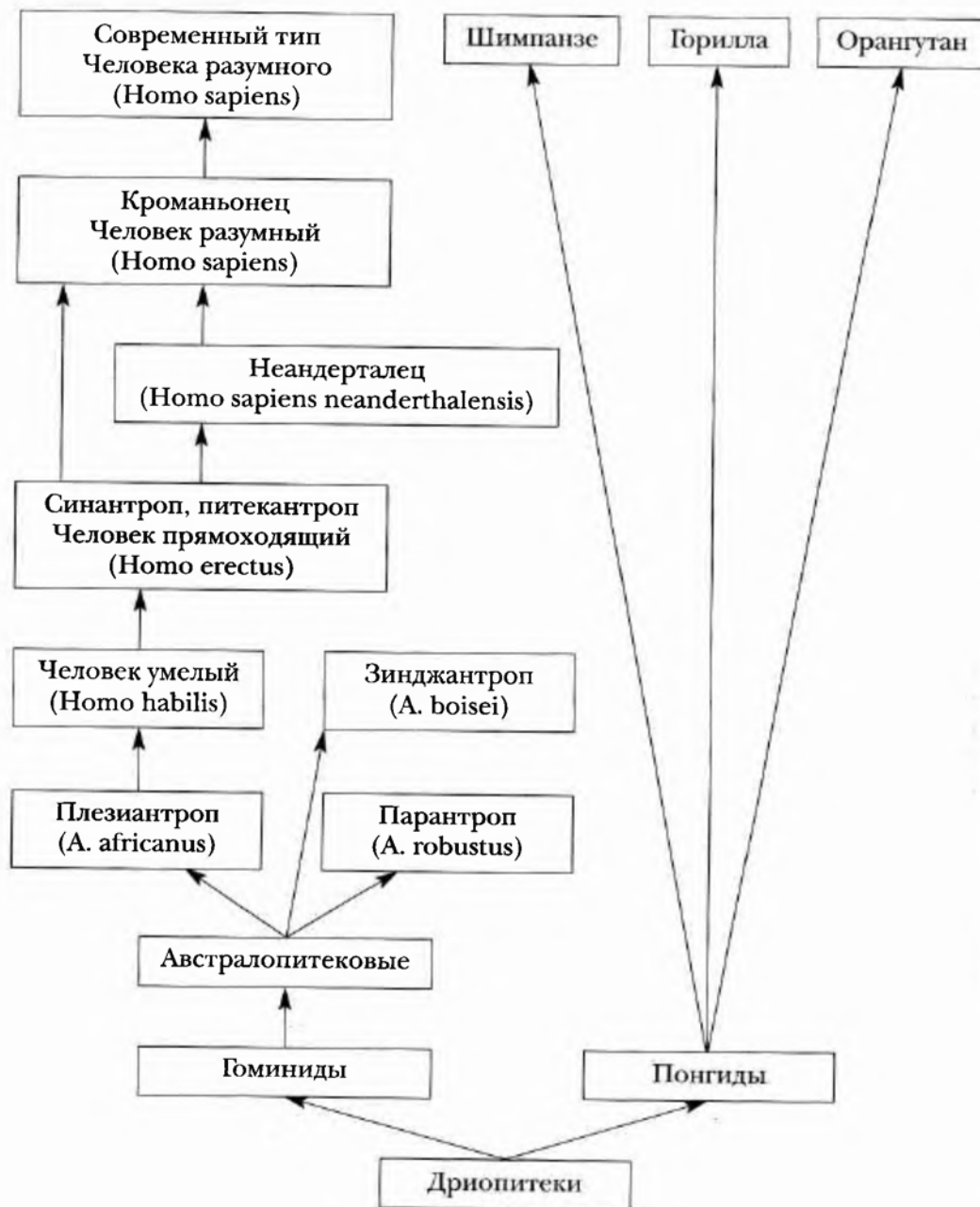


Рис. 46. Направления эволюции семейства гоминид

слуха, осязания, были приспособлены к жизни на деревьях и образовывали небольшие стада. Позже приматы разделились на две ветви — *широконосых* и *узконосых обезьян*. Среди узконосых обезьян 35–50 млн лет назад возник род *Дриопитеки*, который примерно 14–15 млн лет назад дал начало двум эволюционным ветвям — семействам *Гоминиды* (Люди) и *Понгиды* (Человекообразные обезьяны).

Ветвь эволюционного развития семейства *Понгиды* дала несколько видов современных человекообразных обезьян (орангутаны, гориллы и шимпанзе), а ветвь эволюции семейства *Гоминиды* привела к появлению человека (рис. 46). Человекообразные обезьяны так и остались жителями леса, а человек в силу ряда природных катаклизмов вышел из лесных сообществ и стал компонентом открытых пространств — степных (саванновых) биогеоценозов.

Непосредственными предшественниками предков человека считаются *обезьянолюди*, или *австралопитеки* (лат. *australis* — «южный» и *pithecus* — «обезьяна»), обитавшие в Африке 3,5–6 млн лет назад.

Становление человека как вида. Около 1,5–2 млн лет назад от африканского австралопитека (*Australopithecus africanus*) произошел *Человек умелый* (*Homo habilis*). С него начинается история рода человеческого, или *антропогенез* (греч. *anthropos* — «человек», *genesis* — «происхождение», «возникновение»).

В становлении человека как биологического вида выделяют четыре основные стадии в пределах уже возникшего семейства гоминид: *предчеловек*, или *протоантроп*, — *архантроп* — *палеоантроп* — *неоантроп*, или *Человек разумный*.

1. Стадия *предшественника* (*предчеловеки*, или *протоантропы*, или *австралопитеки*). Все вымершие виды, описанные по многочисленным находкам ископаемых остатков скелетов. Масса мозга — 650 г. Жили 1,5–5 млн лет назад.

2. Стадия *архантропов* (*древнейшие люди*, *питекантроп*, *синантроп*, *гейдельбергский человек*). Вымершие виды (в том числе *Человек умелый* — *Homo habilis* и *Человек прямоходящий* — *Homo erectus*), до настоящего времени дошли ископаемые остатки скелетов и примитивно изготовленные орудия. Масса мозга до 1000 г. Жили 0,2–2,5 млн лет тому назад.

3. Стадия *палеоантропов* (*древние люди*, или *неандертальцы*, — *Homo sapiens neanderthalensis*). Неандерталец — вымерший вид (иногда его рассматривают как подвид *Человека разумного*), до нашего времени дошли ископаемые остатки скелетов, изготовленные орудия труда, наскальные рисунки, ископаемые остатки жилищ и стоянок. Масса мозга до 1500 г. Жили 35–350 тыс. лет тому назад.

4. Стадия *неоантропов* (*Новый человек*, или *Человек разумный*, — *Homo sapiens*). Эта стадия включает ископаемую форму (*кроманьонец*)

и ныне живущего современного человека. Масса мозга до 1800 г. Кроманьонцы существовали уже 250 тыс. лет тому назад. Современный человек появился 60–70 тыс. лет тому назад и существует по настоящее время.

Характерной особенностью антропогенеза является однонаправленность эволюционных преобразований, связанных с постепенным, но гармоничным развитием у предков человека комплекса биологических особенностей. *Человек разумный* в сравнении с другими представителями рода *Человек (Homo)* отличается *значительным развитием отделов и коры головного мозга*, обусловленных трудовой деятельностью, речью и общественным образом жизни, а также *характеризуется прямохождением, передвижением на двух ногах и своеобразием верхней конечности (руки)*, приспособленной к тонкому манипулированию в выполняемых действиях человека.



Эволюционное возникновение человека — это крупнейшее событие на Земле, в качественном отношении не имеющее себе равных.

Общая закономерность эволюции человека выражалась в увеличении размеров головного мозга и ускорении темпов антропогенеза. Эволюция австралопитеков длилась более 7 млн лет, неандертальца — 300 тыс. лет, а кроманьонца — около 150 тыс. лет. При этом особенно быстрыми темпами, начиная с *Человека умелого (Homo habilis)*, шла эволюция головного мозга и коры больших полушарий. Этому способствовало прогрессирующее формирование прямохождения, связанное с этим преобразованием таза костей, развитие руки, совершенствование коллективного образа жизни и речи. Низкий уровень орудийной деятельности у палеоантропов сменился у неантропов быстрым ростом культуры вследствие перехода от стадного образа жизни к *общине*. Жизнь в общинах привела к появлению новой социальной среды. Ее возникновение стало необратимым, и социальные факторы (речь, общение, забота о ближних, совместная охота, обмен опытом, защита от опасностей, постройка жилищ, приготовление пищи и пр.) приняли непосредственное участие в антропогенезе. Популяции, лучше изготавливавшие и использовавшие орудия, вытесняли отстающие популяции в районы, менее благоприятные для жизни, что вело к их уничтожению.

В борьбе за существование получали преимущество те группы и племена (популяции), в которых сохранялся опыт изготовления орудий, поиска мест охоты и нужных растений, ориентировки на местности. Это привело к заботе и поддержанию пожилых особей, ибо они сохраняли опыт, ценный для племени. Если у ранних австралопитеков в основном действовал естественный отбор на лучшее владение руками и на повышение роли орудийной деятельности, то у *Человека умелого* в отборе уже значительное место занимали социальные факторы, в частности, отбор шел на подавление у особи своего собственного интереса в пользу интересов общины и на накопление общественного опыта.

1. Охарактеризуйте роль микроэволюции в процессе происхождения человека.
2. Какие признаки сформировались у австралопитеков в связи с обитанием на открытых пространствах саванновых биогеоценозов?
3. Докажите ошибочность утверждения, что предками человека являются человекообразные обезьяны.

Популяционные основы антропогенеза. Важным для понимания антропогенеза является факт, что элементарной единицей биологической эволюции служит популяция. Это значит, что общие предпосылки возникновения вида *Человек разумный* формировались путем микроэволюции определенных видов предков.

В этой связи возникает вопрос: как могло хватить времени для создания эволюционным путем ошеломляющих по специфичности существующих свойств у человека — сложного строения, поведения, мышления и сознания? Если полезные мутации столь редки, а естественный отбор осуществляет постоянную выбраковку, то сколь велики и разнообразны должны быть популяции для того, чтобы эти маловероятные события все же реализовались. Как оказалось, материала для эволюции и становления вида *Человек разумный* хватало. Это доказывается, прежде всего, самим фактом существования биосферы во всем многообразии биологических видов и природных условий, способствовавших дивергенции ветвей приматов, а затем и дивергенции гоминидов.

Некоторые ученые полагают, что 3–9 млн лет назад на Земле шли бурные тектонические процессы, горообразование и землетрясения. Это привело в Восточной Африке к обнажению из недр урановых руд и повышению уровня ионизирующей радиации. Поэтому некоторые ученые высказывают предположения, что значительный уровень радиации как сильный мутагенный фактор мог вызвать у австралопитековых некоторые мутации, которые в совокупности смогли создать в их популяциях высокую генетическую разнородность, имеющую значение для видообразования и эволюции.

Австралопитеки со временем перешли от использования камней и палок (как это делали их предки) к изготовлению более совершенных орудий нападения и защиты. В дальнейшем изготовление орудий обеспечило древнейшим людям господствующее положение в природе.

Уникальная особенность вида *Человек разумный*. На всех этапах своего развития род *Человек* зависел и будет зависеть от природной среды. Однако характер этой зависимости непрерывно менялся по мере усложнения общественных форм жизни предков человека. Постепенно все большую роль в антропогенезе стали занимать *социальные факторы*. В этом отношении

исторический процесс эволюционного становления человека *качественно* отличается от эволюции других видов организмов, так как в нем действовали не только биологические, но и социальные факторы. В этих условиях в процессе эволюции возник вид качественно новых существ с *биосоциальными свойствами*.



Человек — существо биологическое и социальное.

Такими свойствами обладает единственный вид биосферы — *Человек разумный*. Биологические свойства человека изменяются достаточно медленно (миллионы лет), а социальные свойства — гораздо быстрее (столетия, годы). Этим обусловлено большое разнообразие самоорганизации цивилизационных процессов у человеческого населения Земли.



Социальные факторы послужили прорывом в принципиально новую адаптивную среду, что давало огромные преимущества для выживания популяциям человека и резко ускоряло темпы его эволюции.

Возникновение вида *Человек разумный* связано с синхронным взаимодействием биологических и социальных факторов. Поэтому человеку присущи все качества, характерные для биологических систем (организма, популяции и вида), заложенные в его генетике, морфологии и экологии, и в то же время он принципиально отличается от всех других видов живых организмов. Эти отличия заключаются в социальных свойствах человека: мышление и речь, способность осознанно познавать окружающий мир и самого себя, создавать сложные искусственные системы и управлять ими. Он обладает интеллектом, волей, эмоциями и темпераментом, может регулировать свои потребности и поведение. Его деятельность носит творческий характер. Он создает культуру, материальные и духовные ценности и наследует культурные традиции.

Социальная среда и фонд материальной культуры опосредуют взаимоотношения людей с внешним миром и позволяют человеку приспосабливаться к изменениям внешних условий, не изменяя своих основных биологических характеристик.

Расы человека. В настоящее время на Земле существует много различных человеческих племен и народов. Исследования показали, что, хотя современное человечество и принадлежит к одному-единственному виду *Homo sapiens*, этот вид является *полиморфным* — имеет несколько различных внутривидовых групп, получивших название расы.

Раса (франц. *rase* — «род», «племя», «порода») — это исторически сложившаяся внутривидовая группировка людей, состоящая из популяций *Человека разумного* и обладающая сходными морфофизиологическими и психическими признаками. Каждой расе свойственна особая наследственно обусловленная совокупность признаков. Среди них: цвет кожи, глаз, волос, особенности черепа и мягких частей лица, размеры тела, рост и др. Внешние

особенности тела человека были основными критериями деления человечества на расы. По интеллектуальному потенциалу и умственным способностям расы не имеют различий. Современное человечество разделяют на многие расы (более 20), но их объединяют в три основные группы рас: *негроидную, монголоидную и европеоидную*.

Как и у всего живого мира, у человека в период его становления внешние условия обитания вызвали изменчивость и появление различных приспособительных свойств, а естественный отбор сохранял наиболее удачные варианты приспособленности и во внешнем облике, и в физиологии, например в составе крови, активности обменных процессов, особенностях жиротложения и др. Расы начали формироваться в процессе заселения человеком разных территорий Земли около 70–140 тыс. лет назад, т. е. еще на стадии кроманьонца. Тогда многие расовые признаки имели большое адаптивное значение и закреплялись естественным отбором в условиях определенной географической среды. Не все расовые признаки адаптивны. Ученые считают, что многие из расовых признаков могли возникнуть при участии дрейфа генов. К тому же с развитием социальных отношений (общение, речь, совместная охота, смешанные браки, изготовление одежды и др.) и усилением действия социальных факторов в становлении человека влияние внешней среды, как и давление естественного отбора, перестало быть формообразующей силой для вида *Человек разумный*.

Расовые особенности наследственны, но в настоящее время они не имеют существенного значения для жизнедеятельности человека. Различия касаются лишь признаков морфологии и физиологии, но они являются вариациями *единой наследственности человека* как вида. При этом *все человеческие расы стоят на одном биологическом уровне развития*. Наличие плодовых браков между людьми различных рас подтверждают это, а отсутствие генетической изолированности между ними свидетельствует о целостности вида.

Единство вида *Человек разумный* обеспечивается общностью его происхождения, неограниченной способностью к скрещиванию людей различных рас и этнических групп, а также одинаковым уровнем их общего физического и умственного развития.

Развитие человеческого общества всегда происходило на фоне тесного взаимодействия человека и природы. С течением времени характер этих взаимодействий изменялся. Человек все больше выходил из отдельных биогеоценотических систем и становился жителем биосферы как вид ойкуменный (греч. *oikumenē* — «населяю»), т. е. вид, заселяющий всю совокупность областей земного шара.

Гипотезы о происхождении человека современного вида. В науке существуют две основные теории происхождения неантропов — моноцентризм и полицентризм.

Согласно представлениям *моноцентризма*, каждый новый вид рода *Ното*, соответствовавший новой стадии антропогенеза, формировался в пределах какой-то определенной части ареала предкового вида и затем расселялся из этого центра, постепенно вытесняя предковую форму и отчасти гибридизируясь с ней. По этой концепции прародиной неантропов считается одна, хотя и обширная, территория – Средиземноморье, включающее Восточную Африку, Переднюю Азию, Южную и Юго-Восточную Европу, куда ранее прибыли с юго-востока Африки более древние предки. Полагают, что «протокроманьонцы» мигрировали в Европу непосредственно или через Переднюю Азию. При этом заселение шло несколькими волнами. Гипотеза моноцентризма подтверждается исследованиями ДНК представителей различных человеческих рас.

По концепции *полицентризма* считается вероятным возникновение нескольких разных филетических линий гоминид с независимым приобретением особенностей последующих стадий от архантропов до неантропов на разных континентах Старого Света. При этом современные большие расы человека (европеоиды, негроиды, монголоиды и австралоиды) выводятся из разных подвидов палеоантропов или даже архантропов. Полицентристы называют четыре таких региона формирования человека современного типа и его рас: Юго-Восточная Азия (австралоиды), Южная Африка (капоиды или негроиды), Восточная Азия (монголоиды) и Передняя Азия (европеоиды). По этой гипотезе возраст современного человека – более миллиона лет, а по моноцентрической гипотезе – около 500 тыс. лет.

Существуют и компромиссные между моно- и полицентризмом концепции, допускающие расхождение филетических линий, ведущих к большим расам, на различных уровнях (стадиях) антропогенеза: отделение на стадии неантропов более близких друг к другу европеоидов и негроидов, и на стадии палеоантропов – ветвей монголоидов и австралоидов.

Однако, какую бы из представленных гипотез о происхождении человека мы ни рассматривали, фактом является единство современного человечества. Оно легко подчеркивается обычным явлением – рождением полноценного потомства от людей, относящихся к разным расам.

Подводя итоги, еще раз отметим следующие важные положения. Особенностью антропогенеза являются факты: увеличение и усложнение структуры головного мозга, развитие прямохождения и руки как органа труда, а также участие социальных факторов в формировании свойств человека. Человек – это биосоциальное существо. *Человек разумный* – это политипический вид, в котором различают разные популяции и расы. Все расы стоят на одном биологическом уровне развития и являются вариациями единой наследственности человека как вида. Гипотезы моноцентризма и полицентризма едины в обсуждении вопроса о сущности происхождения и этапах эволюции человека, но по-разному трактуют пути, место и время появления человека современного вида.

1. В чем проявляется уникальность вида *Человек разумный*?
2. Что лежит в основе формирования различных человеческих рас?
3. Подумайте и поясните, на какой стадии антропогенеза произошло заселение Америки, а также северных районов Азии и Европы.

Как вы знаете, грандиозный исторический процесс изменения форм живых организмов на Земле называется *биологической эволюцией* или просто *эволюцией*. Теория эволюции занимает центральное место в современной биологии, объединяя все ее области и являясь общей теоретической основой. Эта теория имеет важнейшее мировоззренческое значение, поскольку создает определенное отношение к проблемам происхождения и эволюции органического мира и характеризует общие философские концепции, как материалистические, так и идеалистические.

История эволюционных идей ведет свое начало со времен античности. Так, Демокрит (V в. до н. э.) полагал, что организмы могут приспосабливаться к изменениям внешней среды. Аристотель (IV в. до н. э.) высказывался о постепенном усложнении («градации») строения в ряду организмов (согласно «лестнице существ»). Однако подобные идеи в эпоху Средневековья были забыты и возникли вновь лишь в XVII в.

К середине XVII в. были накоплены многочисленные данные, свидетельствующие об огромном разнообразии живых форм организмов. Эти материалы для достаточного их понимания требовали систематизации. Важный вклад в это дело внес известный шведский натуралист Карл Линней (1707–1778). Его по праву считают создателем научной систематики организмов. Линней различал три царства природы: Минералы, Растения и Животные. Главной единицей классификации он признавал вид как совокупность многих особей, сходных по строению. Человека К. Линней отнес к классу млекопитающих, отряду приматов.

Однако Линней строго придерживался точки зрения неизменности видов, созданных Творцом. Он утверждал, что видов существует ровно столько, сколько их было создано во время творения мира. Стремясь снять противоречие между данными об устойчивости видов и данными палеонтологии о многообразии некогда живших форм организмов, Жорж Кювье создал теорию катастроф, в которой называл десятки катастроф на Земле, дающих полное обновление органического мира Земли, возникшего благодаря деятельности Творца.

Идеи о неизменности видов, созданных Творцом, стали называть *креационизмом* (лат. *creatio* – «создание», «порождение»), а идеи об изменяемости видов, выдвигаемые в противоположность креационизму, называли *трансформизмом* (лат. *transformatio* – «преобразование»). Среди представителей

трансформизма были естествоиспытатели Ж. Бюффон, Э. Дарвин, И.В. Гёте, П.С. Паллас, К.Ф. Рулье и др. Они признавали изменяемость видов под воздействием окружающей среды, но лишь высказывали идею, а не доказывали ее.

Жорж Луи Бюффон (1707–1788) в многотомном труде «Естественная история» высказывает идею об изменяемости видов, о естественном родстве организмов и о единстве животного и растительного мира. В России академик Петр Симон Паллас (1741–1811) высказывает мысль о происхождении организмов некоторых видов от общих предков. Английский врач, натуралист и поэт Эразм Дарвин (1731–1802), дед Ч. Дарвина, излагает натурфилософские идеи о происхождении жизни, об изменяемости видов, об экономии в природе и эволюции организмов. В Швейцарии эмбриолог Шарль Бонне (1720–1793) в 1762 г. в работе о размножении ряда беспозвоночных животных впервые вводит в биологию слово «эволюция».

Первые истинно эволюционные теории были высказаны великими естествоиспытателями XIX в. Ж.Б. Ламарком и Ч. Дарвином.

Ж.Б. Ламарк (1744–1825) свою эволюционную теорию изложил в труде «Философия зоологии» (1809), где приводит многочисленные доказательства изменяемости видов. Он утверждает, что главная роль в появлении новых видов принадлежит постепенным изменениям условий среды. Умозрительно, без особых доказательств, Ламарк высказал ряд положений: организмы изменчивы; все виды условны и постепенно преобразуются в новые виды; общая тенденция исторических изменений органов представляется как постепенное совершенствование их организации (градация), движущей силой которой является стремление природы к прогрессу; изменения организмов, приобретенные в течение жизни в ответ на изменения условий, наследуются. Согласно Ламарку, растения воспринимают изменения условий через обмен веществ, а животные – через изменение потребностей, приводящих к изменению органов из-за их упражнения или неупражнения. Результаты такого упражнения или неупражнения органов наследуются организмами.

Опираясь на эти высказывания, Ламарк делает вывод, что в органическом мире при всем его многообразии можно усмотреть определенный порядок, как бы ступени неуклонного повышения уровня организации живых форм («лестница существ», или «градация»). Из этого он делает вывод, что *развитие органического мира идет по пути постепенного совершенствования и усложнения организации*. Однако движущей силой, обеспечивающей прогресс (градацию), Ламарк считает «стремление самой природы к прогрессу», которое изначально присуще живым существам, будучи заложенным в них Творцом.

Таким образом, Ламарк объясняет сущность и движущие силы эволюционного процесса органического мира с идеалистических позиций. Теория Ламарка не была принята его современниками, так как не имела убедительных доказательств и не могла противостоять господствовавшему в те времена миро-

воззрению – креационизму. Основные положения теории Ламарка были ошибочны, так как не объясняли механизмов эволюционного процесса, тем не менее его историческая роль несомненна, поскольку его теория является первой последовательной эволюционной теорией, ставящей целью объяснить прогрессивное развитие органического мира.

Истинно материалистическая эволюционная теория была создана английским естествоиспытателем Чарлзом Дарвином.

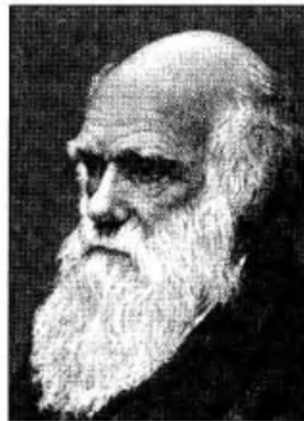
Теория Чарлза Дарвина об эволюции. Теория Ч. Дарвина была опубликована в 1859 г. в книге «Происхождение видов» и представляет собой одно из высочайших достижений научной мысли всего XIX в. Однако ее значение выходит далеко за пределы своего века и за рамки науки биологии и естествознания в целом.

Дарвин, прежде всего, собрал многочисленные доказательства изменчивости видов растений и животных. По его мнению, стимулом для появления этих изменений явилось воздействие новых условий на организмы. В связи с этим Дарвин выделил две формы изменчивости организмов: *неопределенную* и *определенную*. К неопределенной он относил разнообразные слабые, незначительные различия в свойствах особей, которые не могли быть унаследованы ни от родителей, ни от более отдаленных предков.

Из этого он делает вывод: изменения внешней среды играют роль стимула, усиливающего неопределенную изменчивость, но никак не влияющего на качество изменений.

Первоначально Ч. Дарвин исследовал изменчивость домашних животных и культурных растений, полученных селекционерами. Опираясь на использование отбора образцов в работе селекционеров, Дарвин ввел понятие *искусственный отбор* и указал условия, благоприятствующие искусственному отбору в создании новых измененных форм: а) высокая степень изменчивости организмов; б) большое число особей, подвергаемых отбору; в) искусство селекционера; г) устранение случайных скрещиваний среди особей, подвергаемых отбору; д) большое значение данных животных или растений для человека.

Выводы, сформулированные на основе изучения искусственного отбора, Дарвин сопоставил с наблюдениями за изменчивостью в природе. Оказалось, что изменчивость организмов в природе очень велика, а ее формы принципиально сходны с формой изменчивости у домашних животных и растений. Разница лишь в том, что появляющиеся в результате природной изменчивости новые признаки оказываются важными для самих видов, обеспечи-



Чарлз Роберт Дарвин
(1809–1882)

вая им более приспособленное существование в среде обитания. При этом Дарвин рассматривает естественный отбор как *творческую силу, которая движет и направляет эволюционный процесс в природе.*

Важнейшее место в теории естественного отбора, по Дарвину, занимает идея о *борьбе организмов за существование.* Борьба трактуется не как прямое столкновение между организмами, а как конкуренция между организмами, часто происходящая в пассивной форме, как борьба за выживание в неблагоприятных условиях окружающей среды.

Результатами действия естественного отбора, по Дарвину, являются три важнейших следствия.

- Возникновение приспособлений (адаптаций) организмов к условиям их существования. Дарвин подчеркивает, что приспособленность относительна, поскольку обычно возможны еще более совершенные формы приспособлений к данной среде обитания.

- Закономерное увеличение многообразия видов с помощью дивергенции – разделения видов на новые разновидности, которые со временем превратятся в новые (дочерние) виды.

- Постепенное усложнение и усовершенствование организации живых форм, т. е. эволюционный прогресс. Это направление, он считает, является результатом приспособления организмов к жизни в постоянно изменяющейся внешней среде.

Таким образом, Ч. Дарвин дал логически последовательное и строго материалистическое объяснение важнейшим проблемам эволюции организмов и сложившейся в результате эволюционного процесса общей структуре органического мира. Он первым доказал реальность эволюционных изменений организмов, совершающихся естественным путем как результат *взаимодействия* организма и изменяющейся внешней среды.

Из перечисленных теоретических положений Ч. Дарвина об эволюции становится очевидным, что в его эволюционной теории изложены все основные положения и выводы. Однако в тот период, когда работал Дарвин, еще не был открыт такой природный объект, как популяция. Поэтому в своей эволюционной теории Ч. Дарвин опирался лишь на понятия «особь» и «вид». В связи с этим, при всем ценнейшем доказательстве реальности эволюции органического мира и роли естественного отбора в этом процессе, он не смог показать сам процесс и поле действия отбора в эволюции – микроэволюцию и популяцию. Подобное открытие было совершено уже в XX в.

1. Какие идеи об эволюции высказывал Ж.Б. Ламарк?
2. Почему учение Ч. Дарвина о происхождении видов называют теорией эволюции?
3. На каких научных основах строил Ч. Дарвин учение об эволюции?

Причины эволюции по теории Ч. Дарвина. Движущими силами, или причинами, эволюционного развития в органическом мире Ч. Дарвин считал *борьбу за существование и естественный отбор*. Борьба за существование обуславливает все противоречия в связях особей внутри вида (в популяции и между популяциями), особей разных видов при их совместном обитании в биогеоценозе, а также особей с абиотической внешней средой. Стремление организмов выжить и оставить потомство является исходным условием борьбы за существование. Естественный отбор задает направление эволюционному процессу: создание новых адаптаций, дивергенция и образование видов, прогрессивное развитие живого мира.

Чарлз Дарвин в своей работе о происхождении видов так писал о творческом характере естественного отбора: «Выражаясь метафорически, можно сказать, что естественный отбор ежедневно и ежечасно расследует по всему свету мельчайшие изменения, отбрасывая дурные, сохраняя и слагая хорошие, работая неслышно и невидимо, где бы и когда бы ни представился к тому случай, над усовершенствованием каждого органического существа в связи с условиями его жизни, органическими и неорганическими». Впервые мысль о естественном отборе как механизме, осуществляющем эволюцию организмов, населяющих Землю, высказана Ч. Дарвином в его книге «Путешествие на корабле „Бигль“» в 1845 г. Позднее, в 1858 г., на заседании Линнеевского общества Чарлз Дарвин и Алфред Уоллес в совместном докладе представили теорию эволюции, основным механизмом которой был назван естественный отбор.

В 1859 г. вышла в свет еще одна книга Ч. Дарвина – «Происхождение видов путем естественного отбора», где последовательно, логично и аргументированно изложена эволюционная теория происхождения видов. На многочисленных примерах видов, обитающих на Галапагосских островах, а также опираясь на труды других ученых, подтверждающих изменчивость организмов, Дарвин попытался раскрыть сущность эволюции, направляемой естественным отбором. В России этот труд Дарвина был опубликован в 1864 г.

Следует отметить, что естественный отбор не вызывает изменчивости организмов, однако он может воздействовать на частоту и преобладающие проявления мутаций, оказывая определяющее влияние на темпы и направления эволюционного процесса. В этом выражается «творческая роль» естественного отбора.

Естественный отбор – это вероятностный процесс. Действуя в различных направлениях, он может приводить к разным результатам.

Формы естественного отбора. Принято различать несколько форм естественного отбора, основными из них являются *движущий и стабилизирующий*.

Общее учение о движущей и стабилизирующей формах естественного отбора, об их взаимодействии в процессе эволюции создал отечественный биолог И.И. Шмальгаузен.

Стабилизирующий естественный отбор наблюдается в тех случаях, когда фенотипические признаки организмов в популяции оптимально соответствуют условиям внешней среды и конкуренция относительно слабая. Стабилизирующий отбор действует во всех популяциях, уничтожая особей с крайними отклонениями, но фиксируя (закрепляя) полезные признаки. Такой отбор как бы стабилизирует, удерживает уже сложившуюся (типичную) среднюю норму выраженности признака. Его действие наблюдается в тех случаях, когда условия внешней среды остаются постоянными в течение длительного времени.

Стабилизирующий отбор направлен на поддержание в популяциях среднего, ранее сложившегося признака.

Движущий естественный отбор — это сохранение особей с отклоняющимся значением признака в популяции от ранее установившегося. Движущий отбор позволяет выжить в изменившихся условиях особям с признаками, наиболее отвечающими этим конкретным условиям. При этом отборе происходит неуклонный сдвиг средней нормы признака в новом направлении, в ту или иную сторону. Движущий отбор, оказывая давление на популяцию, приводит к эволюционному изменению, которое благоприятствует увеличению в ней частоты новых аллелей гена. Примером движущего отбора является выработка у микроорганизмов и насекомых устойчивости к антибиотикам и ядохимикатам. Классическим примером эволюционного изменения по типу движущего отбора является наличие темноокрашенных и светлых бабочек березовой пяденицы.



Иван Иванович Шмальгаузен (1884–1963), академик, зоолог, теоретик эволюционного учения

Обычно серая окраска бабочки в промышленных районах Англии — Манчестере и Бирмингеме заменяется на черную. Исследования по выяснению причин изменения окраски бабочки березовой пяденицы показали, что это произошло под воздействием химического загрязнения атмосферы, в результате которого на стволах берез погибают лишайники — места обитания этих бабочек. Стволы берез из-за оседающей на них угольной пыли и смол становятся темными. Черные и светлые бабочки оказываются в разных условиях (рис. 47). До половой зрелости в этих районах преимущественно доживают черные особи бабочек, а светлые как более заметные на темных стволах берез поедаются птицами, т. е. светлые бабочки в большинстве погибают, даже не успев отложить яйца.

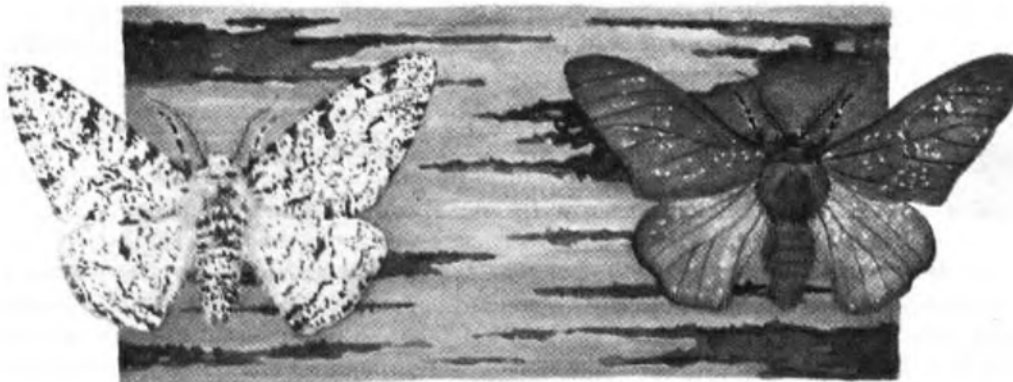


Рис. 47. Светлая и темная бабочки березовой пяденицы на закопченном стволе березы

В сельской местности, вдали от промышленных предприятий, наблюдается обратный процесс. На светлых стволах деревьев менее заметны серые бабочки, а черные погибают, не достигнув половой зрелости. В этих условиях из поколения в поколение в популяции чаще будут встречаться лишь те гены, которые увеличивают возможность выживания и размножения особей.

Генетической основой движущего отбора выступает *наследственная изменчивость*, а причиной — *изменения* в экологических условиях среды.

Движущий отбор в эволюционном процессе обеспечивает закрепление и распространение у организмов адаптивных отклонений от прежней нормы в длительно и однонаправленно изменяющихся условиях среды.

Таким образом, если движущий отбор способствует изменениям особей и в целом популяций, то стабилизирующий отбор определяет поддержание (сохранение) уже существующих свойств (фенотипов). Изменяемость и устойчивость признаков — две взаимосвязанные стороны единого эволюционного процесса. Естественный отбор в этом процессе и создает, и поддерживает многообразие форм живой природы, служит механизмом, направляющим и реализующим эволюцию.

1. Поясните, почему основным механизмом эволюции считают естественный отбор.
2. Почему естественный отбор считается вероятностным процессом?
3. Замените подчеркнутые выражения термином.
 - Фактор, который благоприятствует увеличению в популяции частоты новых свойств гена, приводит к эволюционному изменению.

- Основной движущий фактор осуществляет эволюцию организмов.
- Фактор, который действует во всех популяциях, фиксирует полезные признаки, уничтожая особей с крайними отклонениями.

Искусственный отбор и его роль в увеличении биологического разнообразия

Искусственный отбор как фактор. Чарлз Дарвин, чтобы разобраться в причинах изменчивости организмов и видов, вначале большое внимание уделил изучению примеров искусственного отбора. Для этого он проанализировал большой фактический материал по одомашниванию животных, происхождению культурных растений и практической селекции, накопленный с древних времен.

Глубоко изучив проблему окультуривания диких животных и растений, Дарвин пришел к выводу, что в процессе одомашнивания дикие виды претерпели существенные изменения. Он установил, что наследственная изменчивость и производимый человеком отбор оказываются движущими силами в создании пород животных и сортов растений. При этом Дарвин отметил две особенности, присущие всем домашним животным и культурным растениям. Каждая группа домашних организмов не однородна, а включает в себя множество различающихся форм. Кроме того, внутри каждой группы все имеющиеся породы (или сорта) резко отличаются как друг от друга, так и от дикого предка.



Разнообразные свойства пород домашних животных и сортов культурных растений были созданы в соответствии с потребностями человека.

Многочисленные примеры, подтверждающие этот факт, указывали на творческую роль деятельности человека, его способность вызывать разнообразные изменения признаков у растений и животных. Исследуя причины и способы изменения признаков у организмов в домашних условиях, Ч. Дарвин пришел к выводу, что человек, подвергая живые существа особым воздействиям, влияя на их наследственность, вызывает изменчивость в признаках организмов.

В настоящее время установлено, что любая из форм изменчивости еще не может привести к образованию новой породы или сорта. Даже наследственная изменчивость является лишь предпосылкой эволюции культурных форм. Направляющим фактором в этом эволюционном процессе выступает целенаправленная деятельность человека, которую Дарвин назвал *искусственным отбором*.

Чарлз Дарвин показал, что искусственный отбор является основным фактором, обеспечивающим возникновение пород домашних животных и сортов культурных растений.

Принципы искусственного отбора. Дарвин выделил несколько принципов искусственного отбора, показывающих его истинно творческую роль в эволюции культурных форм. Во-первых, все культурные формы приспособлены человеком к его нуждам и желаниям. Дарвин так пишет об этом: «Одна из самых замечательных особенностей наших пород заключается в том, что мы видим у них приспособления полезные, правда, не для самого животного или растения, а для потребностей или прихоти человека».

Второй принцип искусственного отбора утверждает, что постепенное усиление (накопление) полезных признаков идет через отбор их носителей — особей в последовательном ряду поколений. «Ключ к объяснению, — пишет Ч. Дарвин, — заключается во власти человека накапливать изменения путем отбора; природа доставляет последовательные изменения, а человек слагает их в известных, полезных ему направлениях».

Третий принцип искусственного отбора утверждает необходимость изоляции особей с хорошо выраженными полезными для человека признаками от их «некачественных» сородичей из другого сорта (породы).

Все изученные примеры искусственного отбора показывают, что селекция является творчеством, направленным на создание новых форм растений и животных, отличающихся наличием признаков, полезных для человека. Человек, реализуя селекционный процесс, стимулирует развитие новых форм по пути дивергенции. При этом селекционер ведет селекционную работу целенаправленно, т. е. заранее ставя цель — вывести новую породу с определенными признаками (методический искусственный отбор).

Однако многие породы прирученных животных и сорта возделываемых растений были созданы путем отбора наиболее ценных для человека растений и животных и уничтожения наименее ценных (бессознательный искусственный отбор).

Эффективность искусственного отбора с момента начала приручения животных и окультуривания растений поражает своими масштабами как по количеству созданных сортов культурных растений, пород домашних животных, штаммов микроорганизмов, так и по разнообразию выведенных форм.

Порода, сорт, штамм — это искусственно полученные популяции бактерий, грибов, растений и животных с нужными для человека признаками. Порода — это особые формы домашних животных, сорт — особые формы культурных растений. Штамм (нем. *stamm* — «ствол», «основа», «племя», «семья») — чистая культура микроорганизма, выделенного из определенного вида (популяции) или полученного в результате мутаций.

Человеком выведены новые, не встречающиеся в природе породы лошадей, собак, овец, кур, уток, гусей, перепелок, домашней пчелы, тутового шелкопряда и многих других домашних животных. Все эти породы не встречаются в дикой природе, а созданы человеком и отвечают его потребностям (рис. 48).

По количеству сортов и пород культивируемые формы составляют большую долю в органическом мире. При этом они имеют широкую географию.



Рис. 48. Разнообразные породы собак, выведенные человеком

С давних пор при переселении людей происходило распространение культурных растений и домашних животных на новые земли. Множество культурных растений и животных попало в Европу после открытия Америки. В наше время продолжается активное расселение культурных растений в новые места обитания, среди них лекарственные, декоративные, технические, пищевые, плодово-ягодные и др.

Создание культурных растений и выращивание их на обрабатываемых территориях на протяжении длительного времени в истории человечества привели к появлению особых форм растений (сорняки) и животных (вредители). Их количество огромно. Многие сорные виды растений, существуя совместно с культивируемым видом, в процессе эволюции приобрели признаки, делающие их очень похожими на культурные растения по внешнему облику, срокам развития, ритму жизни. Расселение культурных растений из одних районов в другие идет вместе с сорняками. То же происходит и с животными, особенно с насекомыми-вредителями.

Около 50 лет назад на территории европейской части России впервые появилось американское сорное растение галинсога из семейства сложноцветных (астровых). Сейчас это повсеместный сорняк огородов и садов. Несколько раньше из Канады к нам попало полевое сорное растение мелколепестник канадский, теперь очень широко распространенный. Подобных примеров много.

Среди животных-вредителей много представителей различных отрядов насекомых и отряда клещей. Например, большой и малый хрущаки (жуки) и амбарные клещи портят в зернохранилищах зерна культурных злаков; рыжий таракан, платяная

моль, постельный клоп — насекомые-вредители, обитающие в домах людей. Примечательно, что многие насекомые-вредители не способны существовать в естественных сообществах, поскольку приспособлены жить и питаться в условиях, созданных человеком. Такие признаки эти животные выработали в процессе эволюции.

Искусственный отбор играет важную роль в живой природе и особенно в жизни человека, обогащая живой мир новыми формами популяций и видов.

Искусственный отбор всегда ведется по отдельным признакам, интересующим человека. Эта тенденция может приводить к распадению генетических и морфологических корреляционных систем у организмов, поскольку многие из новых признаков не являются полезными для них самих. Поэтому особи культурных пород и сортов без создаваемых для них человеком условий не могут жить в естественной среде. В отличие от искусственного, естественный отбор, наоборот, благоприятствует лишь тем особенностям организмов, которые повышают их приспособленность, способствует закреплению целых комплексов приспособительных признаков и обеспечивает лучшее выживание видов в природной среде.

1. Приведите примеры известных вам сортов культурных растений.
2. Поясните, в чем сходство искусственного отбора с естественным отбором и в чем основное отличие.
3. Подумайте, почему искусственный отбор Дарвин использовал в теории эволюции диких видов.

Формирование синтетической теории эволюции. В конце XIX — начале XX в. начали формироваться представления, которые легли в основу новой концепции эволюции и вида. Вид стали делить на подвиды и популяции, а сам вид характеризовать как монотипический, политипический и биологический.

В конце XIX в. появились работы, отмечающие роль географической изоляции в процессах видообразования. В 1903 г. датский ученый-генетик В. Иогансен вводит понятие «популяция». П.П. Семенов-Тянь-Шанский в 1910 г. дает определение понятию «подвид». В 20-х гг. XX в. стало развиваться учение о микроэволюции, что привело к пересмотру основных определений в систематике низших таксонов. В 1926 г. С.С. Четвериков отмечает высокую генетическую гетерогенность природных популяций организмов и их насыщенность разнообразными мутациями. В 30-х гг. формируется представление о виде как политипической (многопопуляционной) системе. В эти же годы работами английских ученых Р. Фишера, Д. Холдейна, Д. Хаксли, наших отечественных

ученых Н.И. Вавилова, Н.П. Дубинина и других была произведена интеграция дарвинизма и генетики. В 40-х гг. синтез исследовательских материалов и выводов различных биологических наук (прежде всего — генетики, систематики, дарвинизма, экологии и биогеографии) привел к формированию обобщающей концепции, которую в 1942 г. Д. Хаксли назвал *синтетической теорией эволюции*.

Дальнейшее развитие этой теории связано с работами американских ученых Ф.Г. Добржанского, Э. Майра, Д. Симпсона и российских ученых Н.В. Тимофеева-Ресовского, А.Н. Северцова и И.И. Шмальгаузена. Их трудами синтетическая теория вобрала в себя также данные эволюционной морфологии, палеонтологии. В последние десятилетия XX в. в теорию эволюции вошли материалы цитологии и молекулярной биологии. Все вместе они создают современное представление о главном историческом процессе, совершающемся на Земле, — эволюции органического мира.

1 Современное учение об эволюции основано на популяционной идее.

Современная теория эволюции живого мира. Синтетическая теория эволюции сложилась на основе теории Ч. Дарвина. Ее называют синтетической теорией эволюции потому, что она включает в себя не только дарвинизм (т. е. учение Ч. Дарвина о естественном отборе и борьбе за существование), но и материалы генетики, систематики, цитологии, морфологии, молекулярной биологии, палеонтологии, биохимии, физиологии, экологии и других наук.

Главные вопросы, которые решает синтетическая теория эволюции, — это то, *как совершается процесс образования видов* в живой природе и *как появляются признаки приспособленности*. В связи с этим подробно исследуются особенности популяции и процесс микроэволюции.

Как протекает процесс микроэволюции, какие были открыты явления и закономерности эволюционного процесса, уже было изложено в § 25 и 26. Поэтому здесь лишь кратко напомним основные моменты.

1. Определено, что элементарной эволюционной единицей, способной реагировать на изменения среды перестройкой своего генофонда, является *популяция*. Согласно этому не вид, а его популяции насыщены мутациями, они и служат основным материалом эволюционного процесса, идущего под действием естественного отбора. В решении этих вопросов особенно ценным оказался синтез учения об эволюции с материалами генетики и молекулярной биологии. Хромосомная теория и теория гена раскрыли природу мутаций и законы передачи наследственности, а молекулярная биология и молекулярная генетика раскрыли способы хранения, реализации и передачи генетической информации с помощью ДНК.

2. В объяснении этих явлений синтетическая теория эволюции опирается на понятия: *элементарные единицы* эволюции, *элементарный материал* и *элементарные факторы* эволюции.

Элементарной единицей эволюции служит популяция. Элементарным материалом эволюции служит наследственная изменчивость — комбинаторная и мутационная. Элементарные факторы эволюции — мутационный процесс, популяционные волны, изоляция и естественный отбор.

Мутационный процесс как фактор эволюции поддерживает генетическую неоднородность природных популяций. Популяционные волны как факторы эволюции поставляют массовость элементарного эволюционного материала для естественного отбора. Изоляция как фактор эволюции обеспечивает барьеры, исключающие свободное скрещивание организмов. Естественный отбор как фактор эволюции является *единственной движущей силой эволюции*. Он устраняет из популяции особей с неудачными комбинациями генов и сохраняет особей с генотипами, которые не нарушают процесса приспособительного формообразования. Таким путем естественный отбор направляет эволюцию.

18

Изоляция, мутационный процесс и популяционные волны, являясь факторами эволюции, влияют на эволюцию, но не направляют ее. Направленность эволюции осуществляет естественный отбор.

3. Видообразование совершается в процессе микроэволюции.

Таким образом, основным ядром синтетической теории эволюции стало учение о микроэволюции, представляющее собой анализ эволюционных преобразований популяций и процессов видообразования.

Назовем также *основные положения синтетической теории эволюции* по сравнению с теорией эволюции Ч. Дарвина.

- Выявлена генетическая суть изменчивости и наследственности.
- Исследована природа вида как политипической биосистемы.
- Открыты новые факторы и механизмы эволюционного процесса (гибридизация, полиплоидия, дрейф генов и др.).
- Доказано, что основным полем (ареной) эволюционных событий является популяция.
- Определено, что все основные процессы эволюции совершаются путем микроэволюции.

Раскрытие этих важных процессов и явлений, понимание их закономерностей позволяет оценить грандиозность картины процесса эволюции, совершающегося на Земле с самого момента появления здесь жизни.

Таким образом, первая теория эволюции принадлежит Ж. Ламарку. Однако современное учение об эволюции опирается на эволюционную теорию Ч. Дарвина. В ней изложены механизмы эволюционного процесса происхождения вида и показаны пути формирования приспособленности организмов. В настоящее время учение об эволюции — синтетическая теория эволюции — основывается на материалах многих областей науки биологии, особенно дарвинизма, генетики, цитологии, молекулярной биологии, морфологии, экологии,

биогеографии и др. Она излагает процессы эволюции на основе популяционной концепции видообразования и микроэволюции. В формировании синтетической теории эволюции активно участвовали ученые разных стран, в том числе и ученые нашей страны.

1. В чем отличие синтетической теории эволюции от эволюционной теории Дарвина?
2. Замените подчеркнутую часть утверждения одним термином.
 - Наименьшее подразделение вида, меняющееся во времени, участвующее в образовании новых видов.
 - Расхождение признаков организмов Дарвин использовал для объяснения разнообразия форм в эволюции организмов.
3. Как вы думаете:
 - Почему популяцию называют структурной единицей вида?
 - Почему популяцию называют элементарной единицей эволюции?
 - Каким образом естественный отбор направляет ход эволюции?

§ 32

Результаты эволюции и ее основные закономерности

Результаты эволюции. Эволюция — исторический процесс изменения форм живых организмов на Земле. Результатами этого процесса, постоянно направляемого естественным отбором, выступают появление новых видов и формирование приспособленности видов к условиям среды обитания.

Видообразование является одним из важнейших условий и результатов процесса эволюции. Поэтому не случайно и Ч. Дарвин связывает свой основной труд «Происхождение видов» с поиском объяснения путей образования новых видов. Точно так же именно видообразование является главным вопросом содержания и современной синтетической теории эволюции.

Живой мир на Земле отличается поразительным многообразием видов живых существ, которых к настоящему времени описано более 2 млн. Процесс выявления новых видов продолжается и в настоящее время.

Естественная система живых организмов, построенная на основе эволюционного родства организмов, включает в себя все многообразие неклеточных (вирусы) и клеточных форм жизни. Клеточные организмы разделяют на два надцарства: *Доядерные*, или *Прокариоты*, и *Ядерные*, или *Эукариоты*. В надцарствах прокариот выделяют царства *Бактерии* и *Архебактерии*. В надцарстве эукариот различают царства *Растения*, *Животные* и *Грибы*.

Как уже отмечалось, система живых организмов отражает ступени эволюционного развития органического мира и родственную преемственность между таксономическими группами организмов. Система форм жизни на Зем-

ле формируется путем процесса видообразования и, следовательно, является важным результатом процесса эволюции.

Приспособленность, или адаптация (лат. *adaptatio* «приспособление», «прилаживание»), *организмов* также является результатом эволюции. Приспособленность выражается в совокупности морфофизиологических, поведенческих, популяционных, географических и других особенностей вида, обеспечивающих его приспособление к определенным условиям внешней среды.

Адаптации могут возникать лишь при наличии у организмов определенных генетических предпосылок. Совершенно ясно, что приспособленность организмов всегда относительна, поскольку в новых, изменившихся условиях она может оказаться бесполезной.

В природе встречается большое множество форм приспособленности организмов к окружающей среде.

Назовем некоторые примеры приспособленности. *Покровительственная окраска* и *маскировочная форма тела* животных организмов, делающая их менее заметными на фоне окружающей природной среды. *Угрожающая*, и потому *отпугивающая окраска* в виде ярко-красных полос и пятен, иногда в форме глазчатого пятна. Подражательное сходство (*мимикрия*) по окраске и форме тела незащищенных животных с защищенными или несъедобными. Появление бескрылых форм насекомых, например мух, в местах, постоянно и сильно обдуваемых ветром. Выработка в организме особых *защитных веществ* (сахаров, жиров и др.), обеспечивающих выживание растений и животных в экстремальных условиях. Появление *приспособительных ритмов* в жизни организмов к суточным сезонным и приливо-отливным ритмам природной среды. Приспособления у растений к привлечению опылителей, распространению плодов и семян, к защите от фитотрофов и многое другое.

Подчеркнем, что формирование приспособленности – сложный процесс. Он реализуется под воздействием факторов эволюционного процесса. Главную направляющую роль здесь играет естественный отбор, сочетающий требования среды обитания со структурой генотипа.

Основные закономерности эволюции. Материалы, предоставляемые различными биологическими дисциплинами (палеонтологией, систематикой, сравнительной анатомией, генетикой, цитологией, экологией, биогеографией и др.), обеспечивают возможность с достаточной точностью определить ход и направление эволюционного процесса. Их изучение позволило выделить некоторые общие закономерности эволюции и общую направленность (тенденцию) развития живой природы.

Главной особенностью и закономерностью процесса эволюции является его *непредсказуемый характер*. Эволюция непредсказуема, так как не направлена к некоей конечной цели. Направленность эволюционного процесса в природе осуществляет естественный отбор.

Из закономерностей эволюции следует отметить ее *необратимый характер*.

Организмы, популяции и виды, возникшие в ходе эволюции, не могут вернуться к прежнему состоянию их предков, так как каждое эволюционное изменение представляет собой комбинацию многих независимо возникающих и подхваченных отбором перестроек наследственности. Надо также учесть, что эволюционируют не особи, а популяции, отбираются не отдельные гены и признаки, а комплексы генов, и контролируются отбором целые генные комплексы. Поэтому трудно ожидать, чтобы еще раз повторился такой же комплекс генетических свойств, возвращающий группу назад к исходному состоянию.

Эволюция является необратимым процессом исторического изменения и развития органического мира, при этом она отражает фактическую *неповторяемость* процесса развития жизни, характерной чертой которого является не возврат к старому, а образование нового качества с появлением новых видов.

Другой общей закономерностью эволюции выступает *прогрессивное усложнение форм жизни*. Это показывают многочисленные факты как в общем усложнении живых форм от первичных организмов до человека, так и в пределах конкретных групп организмов. При этом эволюция является процессом непрограммированного развития живой природы, направляемым действиями естественного отбора. В таком прогрессивном усложнении органического мира проявляется *общая направленность* эволюционного процесса.

Важно подчеркнуть, что направленность развития в группах определялась не какой-то внутренней тенденцией, а многократной дивергенцией потомков, вымиранием многих ветвей и сохранением какой-то единственной ветви, дававшей начало новому семейству, его родам и видам, более приспособленным к жизни в пределах их среды обитания. Целенаправленной эволюции не существует, а тенденция (направленность) развития полностью зависит от естественного отбора.

Важной закономерностью процесса эволюции следует считать *направленность* эволюционного процесса на *развитие приспособленности (адаптации)* видов к всевозможным условиям среды обитания.

Как закономерность процесса эволюции выступает также *формирование сопряженных (коадаптивных) свойств* у видов, совместно обитающих в конкретных биогеоценозах. *Коадаптация* (лат. *coadaptatio* – «взаимное приспособление») – обоюдная адаптация разных видов в процессе сопряженной (совместно протекающей) эволюции. Например, в свойствах хищника и его жертвы всегда имеются признаки, как бы оттачиваемые взаимоотношениями этих организмов. При этом обычно жертва задает с помощью естествен-

ного отбора улучшение качеств у хищника, а свойства хищника по принципу обратной связи приводят к улучшению свойств жертвы. Таким же образом происходит приспособление различных органов в организме, обеспечивающее максимальную согласованность их функций в процессах жизнедеятельности. Кoadаптация широко наблюдается во всех царствах живого мира.

Таким образом, эволюция, начавшаяся на нашей планете с момента появления на ней жизни, — это непредсказуемый и необратимый процесс развития живого мира, идущий непрограммированно, происходящий сопряженно (коэволюционно) между видами, между видами и средой. При этом эволюция осуществляет постепенное, но прогрессивное усложнение форм жизни. Все эти эволюционные явления развития жизни в биосфере совершаются в пределах популяционно-видового структурного уровня организации живой материи.

1. Какие процессы являются главным итогом эволюции?
2. Поясните, в чем заключается сущность закона необратимости эволюции.
3. Почему эволюцию иногда называют процессом формирования адаптаций (адаптациогенезом)?
4. Обоснуйте, в чем заключается сущность понятий «эволюция» и «коэволюция».

§ 33

Основные направления эволюции

Биологический прогресс. Эволюционный процесс на Земле создает в живой природе огромное разнообразие видов и надвидовых групп. Все они в этом процессе приобретают специальные приспособления к условиям существования. Изменения условий окружающей среды часто приводят к исчезновению у видов одних и появлению других свойств, обеспечивающих организмам более выгодное приспособление к жизни, а следовательно, лучшую выживаемость, высокую плодовитость и широкое распространение.

Возрастание приспособленности организмов к окружающей среде, сопровождающееся увеличением численности и более широким распространением вида, называют *биологическим прогрессом* (лат. *progressus* — «движение вперед»). В настоящее время биологический прогресс наблюдается у *покрытосеменных растений*, а среди животных — у *насекомых, костистых рыб, птиц и млекопитающих*.

Изучение особенностей эволюции крупных надвидовых групп (макроэволюция) позволило выделить три основных типа их преобразований, которые ведут к биологическому прогрессу, — *ароморфоз, идиоадаптацию*

и *общую дегенерацию*. Идея о возможных путях биологического прогресса в процессе эволюции была разработана нашим крупным ученым-эволюционистом А.Н. Северцовым в 1925 г.

Ароморфоз (греч. *airo* – «поднимаю»; *morphosis* – «образец», «форма»), по А.Н. Северцову, обуславливает возникновение в ходе эволюции таких признаков у живых существ, которые повышают общий уровень биологической организации и изменяют все свойства организмов. Ароморфозы дают большие преимущества видам в борьбе за существование и открывают им новые возможности в использовании внешних условий среды – освоении новых, прежде недоступных источников питания и новых местообитаний.

В эволюции живых организмов можно выделить несколько крупных ароморфозов: возникновение фотосинтеза, многоклеточности, полового размножения, приобретение постоянной температуры тела, появление головного мозга, прогрессивное развитие кровеносной и дыхательной систем, развитие челюстей у предков позвоночных животных, возникновение семян у растений и др.

Ароморфозы представляют собой адаптации широкого значения, полезные организмам в самых разнообразных условиях среды. Все ароморфозы имеют сложный, комплексный характер. Это вызвано тем, что преобразование происходит скоррелированно сразу по многим признакам. Например, появление у цветковых растений пыльцевой трубки, доставляющей спермии к яйцеклетке, освободило процесс оплодотворения от обязательного участия воды и тем обеспечило цветковым растениям возможность широко распространиться по суше. Но одновременно это свойство сопровождалось рядом других ароморфных признаков. Среди них: развитие плодов, защищающих семязачатки, появление устьиц, регулирующих испарение; возникновение рыльца на пестике, обеспечившего прорастание пыльцевой трубки в пределах пестика; появление околоцветника, нектарников, привлекающих опылителей, развитие однолетних фотосинтезирующих побегов у трав и др.



Ароморфозы – это крупные эволюционные преобразования в строении и функциях организмов, одно из основных направлений эволюции живого мира.

Формирование ароморфоза – очень длительный процесс, происходящий на основе наследственной изменчивости и естественного отбора. По мнению А.Н. Северцова, ароморфозы обеспечили возникновение новых классов, отделов и типов организмов.

Идиоадаптация (греч. *idios* – «особый», «своеобразный»; лат. *adaptatio* – «приспособление», «прилаживание») также является основным направлением эволюции, при котором происходит смена частных приспособлений, но общий уровень биологической организации группы не меняется. Поскольку

обновляются лишь детали, а общий уровень организации остается прежним, то идиоадаптацию еще называют *частным приспособлением*.

Идиоадаптация ведет к появлению разнообразных приспособительных форм и вариантов приспособленности организмов к существующим условиям жизни.

Идиоадаптации выражают частные способы биологического прогресса, но как бы лежащие в «одной плоскости». Ярким примером идиоадаптации на уровне отдела могут служить покрытосеменные растения, образующие множество различных жизненных форм (деревья, кустарники, травы), способов распространения семян, опыления и др.

Примером идиоадаптации на уровне рода может служить разнообразие видов вьюрков, обнаруженное Ч. Дарвином на островах Галапагосского архипелага. Все виды вьюрков имели сходный уровень организации, но, находясь в различных условиях отдельных островов, приобрели там совершенно разные свойства в размещении своих укрытий, постройке гнезд и особенно в способах добычи пищи. Одни виды освоили питание плодами растений, другие — семенами, третьи — насекомыми, а один вид даже приспособился к питанию кровью раненых животных. Все эти приспособления повлекли за собой изменения в облике вьюрков (форма клюва, размер головы, хвоста и всего тела), поведении и образе жизни.

Дегенерация (лат. *degenero* — «вырождаюсь») — это развитие организмов по пути *эволюционного регресса* (лат. *regressus* — «возвращение», «движение назад»), когда процветание группы достигается за счет упрощения (*деградация*) в строении и функциях организмов.

Примером могут служить преобразования в строении животных при переходе их к неподвижному, сидячему образу жизни и при паразитизме.

Переход к паразитическому образу жизни у многих организмов сопровождается резким упрощением ряда систем органов и даже полной потерей некоторых из них. Так, растение повилика (*Cuscuta europaea*), паразитирующая на многих цветковых растениях, полностью утратила способность к фотосинтезу, а ее мелкие чешуйчатые листья лишены хлорофилла. Паразитическое растение раффлезия Арнольди утратило все свои вегетативные органы, но, пользуясь питательными веществами других видов (семейства виноградовых), развивает огромный цветок диаметром около метра. Потерей системы пищеварения характеризуются многие черви-паразиты, приспособившиеся к жизни в кишечнике животных и человека. Например, свиной цепень (паразит человека) не имеет кишечника, потребляет пищу всей поверхностью тела (рис. 49).

Упрощение биологической организации группы при соответствующем образе жизни организмов часто обеспечивает им процветание и вхождение видов в новую адаптивную среду. Поэтому дегенерацию можно рассматривать как приобретение организмами особых, принципиально новых

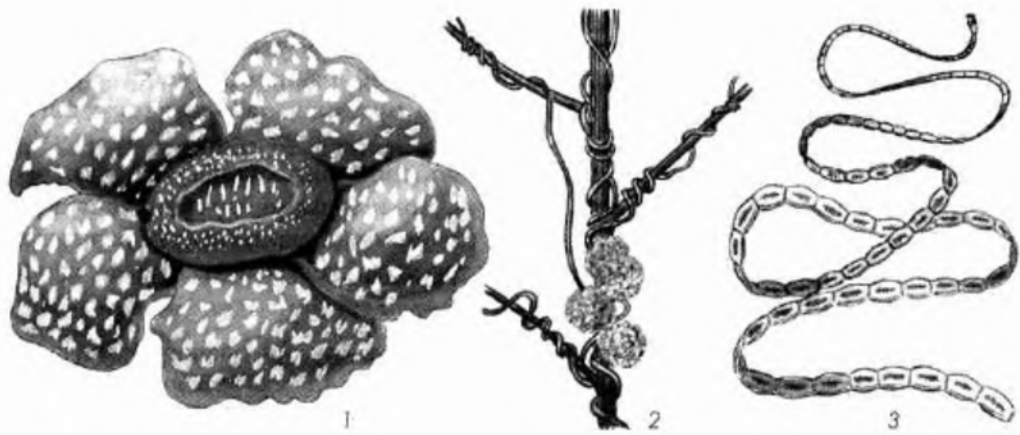


Рис. 49. Раффлезия (1), повилика (2), свиной цепень (3)

адаптивных особенностей, хотя при этом эволюция выражена в виде утраты ряда органов.

Общая дегенерация, способствуя достижению биологического прогресса группы, представляет третье основное направление эволюции.

Представленные три основных направления эволюции в природе взаимосвязаны. Характеризующие эти направления процессы идут непрерывно и одновременно, сочетаясь между собой или сменяя друг друга. Обычно ароморфозы задают и определяют общее направление и этапы развития живого мира. Затем эволюция идет по пути идиоадаптации или дегенерации, обеспечивая организмам групп существование в новой среде. По истечении некото-

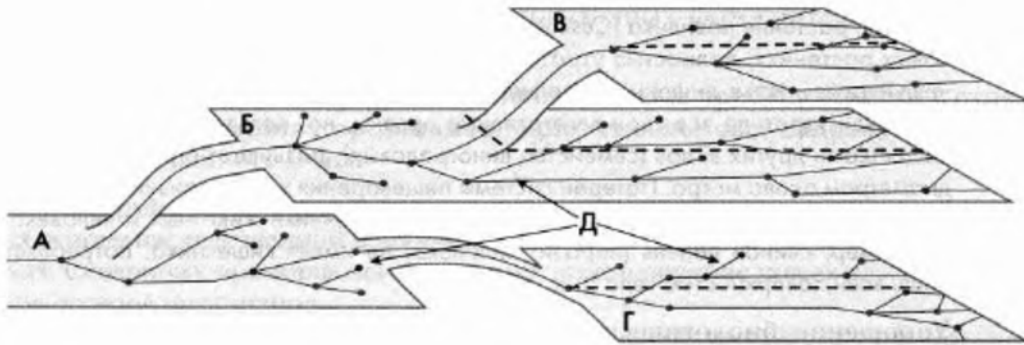


Рис. 50. Основные направления эволюции: А – исходный уровень биологической организации группы; Б и В – ароморфозы; Г – дегенерация; Д – разветвления на плоскостях – различные идиоадаптации

рого времени весь этот процесс может многократно повториться, увеличивая многообразие форм организмов и их групп.

Взаимоотношения трех основных направлений эволюции, их чередование А.Н. Северцов изобразил в виде схемы (рис. 50).

1. Какую эволюционную роль играют ароморфозы и идиоадаптации?
2. В чем сходство и различия ароморфоза и дегенерации?
3. Замените подчеркнутую часть утверждения термином.
 - Адаптации широкого значения, полезные организмам в самых разнообразных условиях среды, повышают общий уровень организации и свойств организмов.
 - Частные приспособления организмов к определенному образу жизни в конкретных условиях внешней среды обеспечивают появление в процессе эволюции разнообразия форм организмов.
 - Упрощение строения организмов путем утраты отдельных органов обеспечивает виду возможность вхождения в новую среду.

Лабораторная работа № 3 (см. *Приложение*, с. 205).

Специфика популяционно-видового уровня жизни. Популяция – это внутривидовая группировка особей определенного вида, существующая в течение достаточно длительного времени путем образования большого числа поколений и занимающая определенное пространство. Популяция характеризуется экологическим, морфофизиологическим и генетическим единством. Благодаря популяциям в бесчисленных поколениях особей вид приобретает «опыт» процесса развития в условиях постоянно изменяющейся среды. Этот опыт закрепляется в соответствующих структурах и функциях вида и проявляется в особых вещественно-энергетических функциях в биогеоценозе.

Проявление свойств популяции прямо отражается в свойствах вида (как свойства части в целом и наоборот), поэтому данный структурный уровень живой материи называют *популяционно-видовым*.

В природе существует колоссальное разнообразие видов. Они могут быть представителями того или иного царства живой природы. Однако все они отражают свойства одного и того же структурного уровня организации жизни – популяционно-видового.

Популяционно-видовой уровень, как и другие уровни, представляет собой специфический, непрерывно развертывающийся во времени и пространстве процесс существования живой материи. В отличие от биосферного и биогеоценотического уровней, популяционно-видовой структурный уро-

вень характеризуется новыми, особыми качествами. Чтобы оценить их, надо определить, какова структура данного уровня жизни, какие процессы ему свойственны, что его организует и какова его роль в существовании живой материи. Рассмотрим эти характеристики.

Структура популяционно-видового уровня представлена разнообразием особей (организмов) и групп особей (семья, стая, стадо), образующих популяции. Все вместе они выражают законы групповой, или надорганизменной, формы жизни. Поэтому в характеристике явлений и законов этого уровня особи как организмы лишь поясняют, иллюстрируют картину групповой жизни популяции и вида, но не выражают ее сущности. Групповая форма жизни выражается в таких характеристиках, как плодовитость, рождаемость, смертность, выживаемость, плотность, численность, структурность (половая, возрастная, поведенческая, территориальная), а также информационность, функционирование в природе и др.

Многообразие групп организмов в популяции обеспечивает своеобразие движения живой материи на данном структурном уровне. Оно связано с взаимодействием особей в популяции, благодаря чему (в процессе скрещивания и возникающих мутаций) создаются общая морфогенетическая структура, принципиальная возможность широкого генетического разнообразия популяции и ее дивергенция.

Основные процессы популяционно-видового уровня: свободное скрещивание и создание многообразия генотипов и нового генофонда, выработка путем естественного отбора приспособительных свойств организмов в изменяющихся внешних условиях, а также освоение новых территорий. На этом уровне в чередующихся поколениях внутри каждой популяции и вида осуществляется процесс исторического изменения форм организмов, приводящий к видообразованию и к эволюции. То есть в недрах этого уровня на материалах его компонентов происходит огромной важности событие в движении живой материи — эволюция, выражающая исторический ход развития и преобразование всего органического мира и в целом всей биосферы.

На данном уровне совершился антропогенез, обеспечивший появление уникального вида — *Человек разумный*.

Организация популяционно-видового уровня обеспечивается многообразием и сложностью типов внутривидовых связей. Это служит главной организующей силой поддержания единства данного уровня жизни.

Многообразие связей, выработанных видом и популяциями в историческом процессе их становления, направлено также на самосохранение в течение как можно более длительного времени (вплоть до бесконечности), на поддержание устойчивости системы, на репродукцию и на способность к генетическому изменению в связи с изменившимися внешними условиями.

Значение популяционно-видового уровня в природе выражается, прежде всего, в том, что здесь осуществляется огромное увеличение числа видов. В них воплощаются гармоничные, хорошо интегрированные генные комплексы, обеспечивающие возможность существования живых организмов в биогеоэкологической среде.

На этом уровне живой материи возник метод продуцирования новых генных комплексов, способных к экологическим адаптивным сдвигам, — это видообразование, с помощью которого эволюция движется вперед. Без видообразования не было бы многообразия органического мира.

На популяционно-видовом уровне происходит постоянный, направленный естественным отбором процесс эволюции живых организмов на Земле. Центральным этапом эволюции является возникновение нового вида и его дифференциация на популяции.

На данном уровне организации жизни происходит также возникновение приспособленности видов к среде, более активное качественное и количественное участие в использовании среды обитания в биогеоценозах.

Очевидно, что эволюционный путь развития и появления видов — это не непрерывное шествие все возникающих видов по широкой дороге, а сложный путь с множеством тупиков и тропинок. Прокручивая с помощью мутаций и естественного отбора множество вариантов, природа отсекает нежизнеспособные структуры, в то же время оставляет многие простые, но хорошо приспособленные к внешним условиям формы популяций и видов. Естественный отбор, как контроль на этом этапе, играет двойную роль. С одной стороны, он предотвращает накопление генетических ошибок, а с другой — допускает и поддерживает усовершенствование форм, тем обеспечивает развитие адаптаций (приспособлений) к новым условиям.

Наконец, на этом уровне жизни происходит важнейшее событие биосферы — путем эволюции идет наполнение живой материи колоссальным разнообразием биологических видов и их популяций. С помощью возникающего богатого многообразия популяций, видов обеспечивается саморегуляция биогеоценозов и поддерживается их устойчивость.

Таким образом, благодаря процессам, совершающимся на популяционно-видовом уровне, идет непрерывное наполнение царств живой природы новыми видами. В то же время, участвуя в биогеоценозах, популяции обеспечивают устойчивость биогеоценозов, непрерывность биологического круговорота веществ и потока энергии в них и в биосфере в целом. В таком двунаправленном положении популяционно-видовой уровень оказывается чрезвычайно значимым в органическом мире: реализует генетико-эволюционный ряд, отражающий филогенетические связи (популяция — вид — род ... царство) и обеспечивает ряд функционально-энергетических взаимосвязей (популяция — биоценоз — биогеоценоз — биосфера) (рис. 51).

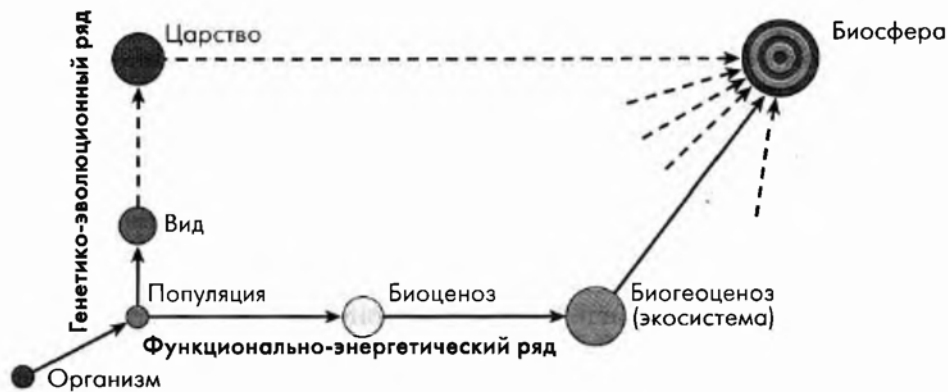


Рис. 51. Функциональная роль популяции в природе

Создание биологического разнообразия видов, приспособленных к среде обитания, и обеспечение устойчивого существования биогеоценозов, биосферы и в целом жизни – важнейшее свойство популяционно-видового структурного уровня организации жизни.

Такое же наиважнейшее значение популяционно-видового уровня заключается в том, что здесь происходит постоянный, в известной мере, направленный естественным отбором процесс эволюции живых организмов на Земле.

Таким образом, популяционно-видовой уровень организации жизни представляет собой особый структурный уровень, характеризующий групповую надорганизменную форму жизни. Он отличается от других уровней специфической структурой компонентов, особыми процессами и организацией. Роль данного уровня чрезвычайно велика, поскольку здесь работают механизмы образования новых видов и возникновения приспособленности. Создание уникального вида живой природы – *Человека разумного* – тоже произведение данного уровня.

1. Почему уровень называется популяционно-видовым, а не просто видовым или популяционным?
2. Назовите основные характеристики свойств популяционно-видового уровня живой материи.
3. Заполните пропуски в фразах.
 - Основными структурными элементами популяционно-видового уровня жизни выступают
 - Популяция и вид выражают законы ... формы жизни.
 - Популяции существуют в определенной среде – в

Значение диких видов растений. Эволюция произвела огромное число видов живых организмов. Все они приняли участие в создании облика нашей планеты и в формировании биосферы.

По подсчетам ученых-биологов, сейчас на Земле существует около 5 млн различных видов, но изучена лишь незначительная их часть. В то же время каждый вид в своих качествах уникален. Эта уникальность заключается прежде всего в его генетических и биологических свойствах. Есть, например, популяции и виды, отличающиеся долгожительством особей или гигантскими размерами, огромной плодовитостью, необычайной живучестью в различных условиях среды, устойчивостью к болезням, способностью обитать в чрезвычайно суровых условиях, удивительными особенностями строения, поведения, темпов роста или типов развития и др.

Феноменальные свойства наблюдаются у видов во всех царствах живой природы. Многие виды с такими свойствами человек обнаружил давно и использует в своей жизни. Большое число видов дикорастущих растений стали широко возделываться как хлебные, масличные, плодово-ягодные, овощные, эфиромасличные, лекарственные, декоративные и другие культуры. При этом каждая культура в хозяйстве человека представлена многочисленными сортами.

Для создания новых сортов селекционеры тщательно изучают генетические свойства выращиваемого культурного растения. Наряду с этим исследуются разные популяции этого вида, произрастающие в дикой природе или в культуре, но при других условиях: отыскиваются качества вида, нужные для создания нового сорта. Особенно ценными считают селекционеры такие генетические качества, как невосприимчивость к болезням, морозостойкость, засухоустойчивость, сахаристость, плодовитость и др.

В документе международной Конвенции ООН о биологическом разнообразии приводятся сведения о свойствах некоторых популяций и видов дикорастущих растений, которые были использованы человеком при селекции экономически выгодных сортов. Приведем примеры:

- вид дикой пшеницы из Турции позволил вывести различные сорта культурной пшеницы с генами сопротивляемости болезням;
- один ген эфиопского дикого ячменя защищает от желтого карликового вируса урожая всего калифорнийского ячменя стоимостью 160 млн долларов в год;
- древнее мексиканское дикое растение, родственное кукурузе, при скрещивании с современными сортами кукурузы повышает качество зерна, что может сберечь фермерам мира до 4,5 млрд долларов в год;
- стоимость лекарств, производимых в мире из дикорастущих растений, составляет около 40 млрд долларов в год.

Значение диких видов животных. С той же целью изучаются свойства популяций и видов животных. Например, выявляются генетические комплексы наследуемых признаков, обеспечивающих повышение яйценоскости у кур, увеличение жирности молока у коров, ускорение нарастания массы тела или удоев молока у мясомолочного скота, улучшение качества шерсти у овец и др. Особое внимание уделяется исследованию паразитических видов, вызывающих и распространяющих заболевания животных, растений и человека. Ценность таких исследований неоспорима.

Изучение популяций и видов, живущих в естественных местообитаниях, проводят с целью выяснения причин сокращения их численности или, наоборот, ее чрезмерного увеличения в отдельных биогеоценозах. Для выяснения состояния популяций вида в биогеоценозе изучаются внутривидовые (межпопуляционные) и межвидовые отношения групп организмов, совместно обитающих на одних и тех же территориях. На основе таких исследований составляется картина жизнедеятельности вида и определяется перспектива его существования в данном биогеоценозе и вообще в природе.

Самые богатые по многообразию видов на планете биогеоценозы — это дождевые тропические леса. Занимая всего лишь 8% площади, они содержат почти половину всех ныне живущих видов. Характерно, что экосистема этих лесов отличается как богатством видов, так и заполненностью экологических ниш, что обеспечивает «безотходность» круговорота веществ: быстрая оборачиваемость биогенных элементов ведет к тому, что они все расходуются в разнообразных цепях питания и почти не накапливаются в почве или растительном опаде, в трупах. Поэтому сведение этих лесов, которое сейчас идет чрезвычайно интенсивно, грозит не только потерей уникальных видов растений и животных, но и снижением плодородия почвы на территории, освобожденной от леса. Эти особенности дождевых тропических лесов обусловлены исключительными свойствами разнообразных популяций и видов, сформировавшимися у них в связи с совместным обитанием при взаимодействии друг с другом.

Изучение свойств отдельных видов и их популяций особенно актуально в наши дни, когда чрезвычайно быстро идет уменьшение биологического разнообразия на Земле (рис. 52).

Изучив свойства сокращающихся видов, можно определить пути и возможности сохранения их генофонда для использования в сельском хозяйстве, медицине, технике или для эстетических целей. Важно не просто зафиксировать исчезновение того или иного вида, но и установить причины этой катастрофы, обнаружить признаки, свидетельствующие о возможности вымирания или сохранения вида в сложившихся для него условиях.

Учеными установлено, что одним из признаков неблагополучия в существовании популяции является малочисленность ее населения. Поэтому очень важно определить пороговую численность (минимальные размеры) популяции у того или иного вида, ниже которой популяция будет обречена на гибель.

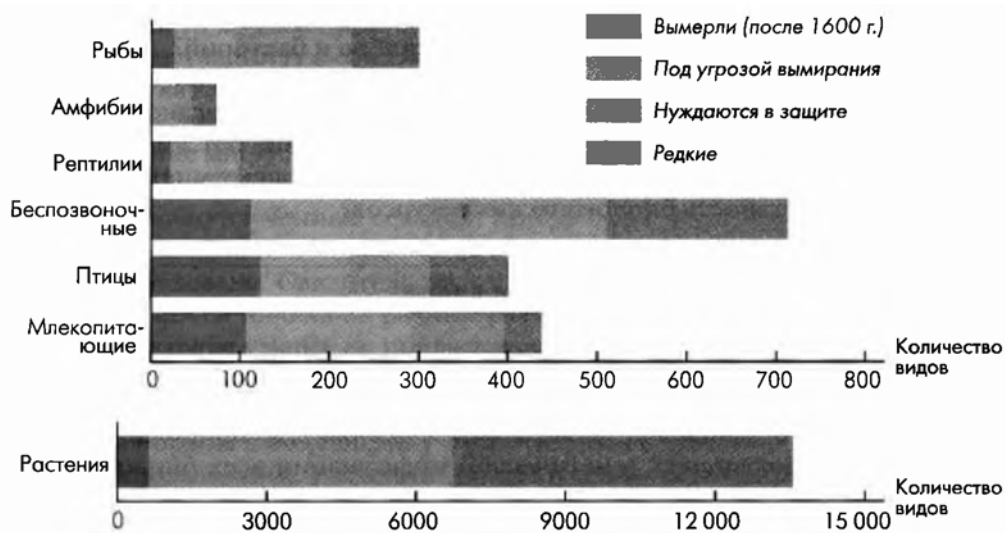


Рис. 52. Количество уничтоженных и находящихся под угрозой гибели видов

Это надо знать для разведения исчезающего вида в природных условиях или с помощью охранных мероприятий и зоопарков. Сохранение разнообразия видов необходимо не только для обеспечения их устойчивого развития, но и рационального использования человеком.

Изучению и охране подлежит генофонд не только популяций и видов растений, животных и грибов, но и микробного населения. Все группы живых организмов обеспечивают устойчивое существование биogeоценозов по всей территории земного шара.

Беспечное и неразумное отношение людей к живому миру привело к исчезновению многих видов. Это происходило под прямым (охота, рыболовство, вырубка деревьев и др.) или косвенным воздействием человека (распашка земель, уничтожение мест обитания и др.), причем возрастающими темпами. Если в XVII в. доля прямого «участия» человека в исчезновении, например, позвоночных животных составила 86 %, а косвенного — только 14 %, то в XX в. данное соотношение резко изменилось: от косвенного воздействия из биосферы исчезло 72 % видов, а от прямого — 28 %.

Изучение популяций и видов необходимо для понимания процессов эволюции, темпов и направлений микроэволюции и макроэволюции, для выявления закономерностей распределения видов по земной поверхности и раскрытия истории планеты Земля. Но особенно изучение популяций и видов нужно человечеству для разумного, рационального пользования природными живыми ресурсами в целях устойчивого развития природы и общества.

1. Поясните необходимость изучения популяций и их видов.
2. Зачем надо изучать разные виды грибов и бактерий?
3. В международной программе «Сохранение биологического разнообразия», принятой в 1992 г. в Рио-де-Жанейро, записано: «Биологические ресурсы кормят и одевают нас, обеспечивают жильем, лекарствами и духовной пищей». В чем еще, по вашему мнению, заключается ценность биологических ресурсов?

Генофонд и причины гибели видов

Значение генофонда. *Генофонд* (генетический фонд) — это совокупность наследственной информации, которую несут все особи популяции или вида. Поэтому, говоря о генофонде дикорастущей флоры или природной фауны, имеют в виду совокупность генетической информации всех биологических видов, существующих на определенной территории или во всей биосфере.

Важнейшей особенностью генофонда любого вида является его дифференцированность (неоднородность), обусловленная различием наследственной информации, возникающим у особей при половом процессе, на котором основывается видообразование и вся биологическая эволюция.

Гибель любого вида обрывает одну из нитей эволюционного развития живой материи. Поэтому сохранение генофонда того или иного вида является залогом его естественного развития и активного участия в процессах функционирования живого покрова планеты. Исчезновение вида вызывает нарушение устойчивости биogeоценоза из-за нарушений в сложившейся в сообществе цепи (сети) пищевых или иных взаимоотношений. Данное обстоятельство является подтверждением того, что нормальное существование вида зависит от сохранности его природного местообитания и всего естественного населения, с которым сожительствуют особи популяции и вида. Целостность природного биogeоценоза со всем его естественным населением (биоценозом) является важнейшим условием сохранения генофонда вида, а следовательно, и самого вида.

Сохранение генофонда природных популяций (видов) является одной из центральных задач человечества в поддержании устойчивого развития живой природы.

Значение видов. В природе нет ненужных видов. Все они объединены в единую хорошо уравновешенную систему органического мира, который существует по сложным законам жизни. Общая роль видов, например растений, в природе — создание органических соединений и обогащение атмосферы Земли молекулярным кислородом. В то же время каждый вид растений, имея специфические биохимические свойства, служит как первичный продуцент

пищей каким-то живым организмам (различным консументам и редуцентам) и таким путем участвует в общем круговороте веществ и потоке энергии. Выяснение роли каждого отдельного вида в этом процессе позволяет определить его качество, значение для других видов, в том числе и для человека.

Значение многих видов еще не выяснено, однако ограниченность сведений о них не дает человеку права безответственно относиться к ним и их нуждам. Виды, мало изученные сегодня, завтра будут исследованы более полно, и может оказаться, что многие из них играют большую роль в природе и полезны для человека. Свидетельств тому много: развитие фармацевтической промышленности на основе разных растительных видов с целебными свойствами; выявление у ранее не привлекавших к себе внимания растений особых химических соединений, которые ныне используются в практике здравоохранения и ветеринарии; получение на основе растений антисептиков и антибиотиков для борьбы с болезнями у растений, животных и человека; промышленное использование растений для получения всевозможных витаминов, особых типов сахаров, эфирных масел, воска и других веществ; привлечение некоторых животных, например наездников, для биологической борьбы с вредителями культурных растений.

Каждый вид, обладая неповторимым генофондом, необходим природе, а также имеет потенциальную ценность и для человека, поскольку невозможно предсказать, какие виды могут стать со временем полезными и даже незаменимыми для людей. Об этом хорошо сказал еще в 1980 г. отечественный биолог профессор Андрей Григорьевич Банников: «Возможности использования видов настолько непредсказуемы, что было бы величайшей ошибкой дать вымереть какому-то виду только потому, что сегодня мы не знаем о его полезности».

Следует помнить, что утрата каждого вида безвозвратна. Наука бессильна воссоздать исчезнувший вид, поскольку эволюция необратима. Это значит, что человек уже никогда не сможет использовать какие-то свойства исчезнувшего вида. А это большая потеря для человечества, так как природа и каждый конкретный вид – это кладовая идей для науки и практики. Например, как уже отмечалось, изучение строения цветка кувшинки белой и наблюдение за его раскрытием позволило архитекторам найти пути технологических решений в строительстве дворцов спорта; цепляющаяся корзинка плодов у лопухов (репейников) послужила прототипом создания застежки-липучки, широко используемой человеком при изготовлении одежды и других предметов быта; борьба со злостным сорняком в посевах пшеницы на Алтае термopsisом ланцетным привела к созданию термопсина – эффективного лекарства от кашля (рис. 53).

Изучение разных видов, их общих свойств и специфических особенностей имеет прямое отношение к жизни людей, позволяя селекционерам выводить новые виды растений и животных, не только полезных для человека, но



Рис. 53. Термопсис ланцетолистный (1), лопух большой (2), кувшинка белая (3)

и отвечающих его разнообразным эстетическим потребностям. Селекционеры создали большое количество различных сортов у всех культурных растений. Несколько тысяч сортов имеет садовая роза. Они получены из разных видов дикорастущей розы (шиповника). То же наблюдается у пшеницы, кукурузы, риса. В Китае для изготовления различных поделок и для употребления в пищу выращивают 63 сорта бамбука. Тысячи сортов насчитывают помидор, горох, огурец, яблоня, слива, виноград и многие другие культурные растения. Особенно много создано селекционерами сортов декоративных растений, таких как гладиолус, тюльпан, хризантема, ирис, астра, клематис (рис. 54).

Известно, что все домашние животные и культурные растения — это потомки некогда диких представителей фауны и флоры. Создание человеком путем искусственного отбора и селекционной работы огромного количества сортов у каждого культивируемого вида свидетельствует об огромных возможностях генофонда этих видов. Обнаружение этих возможностей и позволяло человеку выводить различные породы и сорта для удовлетворения его различных потребностей.

Например, в настоящее время в мировой практике сельского хозяйства используется только два диких вида картофеля — андийский и клубненосный (*Solanum andigenum* и *Solanum tuberosum*). Первый возделывается в теплых районах Южной Америки (Колумбия, Эквадор, Перу, Боливия), а картофель клубненосный с перуанского острова Чилоэ выращивается во всех странах умеренного и холодного поясов Земли. Из этих двух видов человек создал тысячи сортов, различающихся окраской клубней, их формой, скороспелостью, вкусом, лежкостью при хранении, невосприимчивостью ко многим болезням. Однако в природе Южной Америки существует около 150 видов дикорастущего картофеля, из них часть видов не имеет периода покоя, т. е. они растут непрерывно, как многолетние растения, и при этом постоянно образуют клубни.

Имеются также виды картофеля, успешно произрастающие на больших высотах горной местности, где вегетационный период чрезвычайно короткий, но



Рис. 54. Многообразие форм и окраски цветков разных сортов роз и клематисов

и в этих условиях они успевают образовать клубни. Использование наследственных свойств этих и других диких видов картофеля, безусловно, позволит человеку значительно расширить свойства культивируемых форм картофеля, вывести новые сорта, более устойчивые к болезням и климатическим невзгодам. Поэтому генофонд рода *Картофель* находится под особым вниманием селекционеров.

Исследование дикорастущих видов позволяет постоянно обогащать культурную флору. Не так давно (вторая половина XX в.) были исследованы лечебные свойства облепихи крушиновидной — колючего ягодного кустарника из семейства лоховых, произрастающего вдоль рек горных районов на юге России, особенно на Алтае. В настоящее время этот вид введен в культуру и уже создано более десятка сортов, в том числе облепихи без колючек. В 90-х гг. XX в. в культуру вошел кустарниковый вид жимолости съедобной, распространенный в Сибири и на Камчатке, и вскоре селекционеры Санкт-Петербурга создали несколько десятков сортов этого интересного и ценного ягодного растения. Подобных примеров очень много. Поэтому сохранение видов — обязанность всего человечества. Однако для того чтобы осуществлять мероприятия по охране видов и сохранению природы в целом, необхо-

димо установить, что может помешать их нормальному существованию, и выяснить причины гибели многих видов.

Причины гибели видов. Исторические причины исчезновения видов связаны с естественными природными процессами, происходившими на поверхности Земли. Примером тому может служить исчезновение многих видов растений (древовидных, плауновидных и хвощевидных, древних семенных видов, первых сухопутных растений — риниевых), а также многочисленных групп животных (динозавров, мамонтов и др.). Естественное исчезновение видов могли вызвать глобальные изменения климата, рельефа и другие природные катаклизмы в истории нашей планеты.

Однако в настоящее время первой и основной причиной гибели видов стало хищническое поведение человека в природе. Причем скорость вызванного человеком уменьшения биологического разнообразия примерно в тысячу раз превосходит естественную убыль видов. Прежде всего страдают виды, имеющие хозяйственную ценность. Так, из-за прямого уничтожения резко сокращается численность видов растений и животных, идущих в пищу, используемых для получения меха, лекарственных средств, применяемых как декоративные и др.

Например, весной любители легкой наживы собирают массу ранневесенних цветущих растений — «подснежников»: из Крыма и с Кавказа везут в Москву и другие северные города редкие эндемичные растения — подснежник снежный, цикламен кавказский и морозник черный; из лесов умеренного климата вывозится на продажу ландыш, печеночница, медуница, ветреница, купальница, любка двулистная, грушанки, багульник (рододендрон) и многие другие красиво цветущие растения. Местами уже совсем уничтожены лекарственные растения: зверобой продырявленный, чистотел майский, плауны — булавовидный и баранец, лапчатка-узик, родиола розовая (золотой корень) и др.

Вторая причина — это *разрушение мест обитания* растений и животных. Уничтожение лесов для постройки городов, дачных поселков, различных промышленных предприятий, прокладка автотрасс и железных дорог, строительство оросительных систем, создание крупных водохранилищ, распахивание лугов и степей для полей и огородов приводят к тому, что за короткое время в этих местностях гибнут сотни видов, причем безвозвратно.

Третьей не менее действенной причиной гибели видов является *загрязнение окружающей среды*: химическое (кислотные дожди, ядовитые газы в атмосфере, нефтепродукты в почве и водоемах), физическое (радиация, шумы) и особенно биологическое. Последнее выражается в намеренном или случайном вселении новых видов, с которыми местные виды не могут выдержать конкуренции.

Четвертой причиной гибели видов является *непонимание или игнорирование значения биологического разнообразия*. Безответственное от-

ношение к дикорастущим растениям (деревьям, кустарникам, травам, водорослям) – широко распространенное явление в обществе, особенно среди молодежи. В итоге растения гибнут даже тогда, когда их совсем не замечают и не знают. То же происходит и с миром животных, грибов и бактерий.

Анализ причин гибели и изучение состояния видов показали, что организмы любых видов могут быть сохранены на Земле лишь в том случае, если они останутся на той территории, в той природной обстановке, в которой они исторически обитают. В условиях искусственного разведения может быть сохранена лишь незначительная часть генофонда живых организмов Земли. Однако для человечества в настоящем и будущем чрезвычайно важно сохранение вида как целостности со всеми его популяциями и особями, потому что может возникнуть необходимость в познании и использовании тех или иных наследственных свойств, которые могут оказаться уже утраченными. При этом необходимо предусматривать сохранение оптимальных размеров популяций и видов, чтобы они могли успешно возобновляться.

Таким образом, современное понимание ценности биоразнообразия обязывает организовывать повсеместно охрану всех существующих на Земле видов, исходя из принципа: *«Если природа их создала, значит, это кому-то надо»*. При этом охрана природы предполагает систему деятельности, элементами которой являются: сохранение привычной для обитания видов окружающей природной среды; сохранение генофонда организмов, популяций и видов; сохранение всего исторически сложившегося комплекса совместно обитающих видов (сообщества).

1. Зачем нужно сохранять виды дикорастущих растений и диких животных?
2. Назовите основные причины снижения разнообразия видов.
3. Каждый вид играет определенную роль в природном сообществе. Смоделируйте ситуацию: что произойдет в каком-то лесном биогеоценозе, если в нем полностью исчезнет ландыш майский?
4. Оцените свое поведение в природе: как вы общаетесь с растениями и животными, обитающими в вашей местности (в селе, городе)?

Проблема сохранения видов

Сохранение биологических видов на Земле – одна из главных задач экологии и охраны природы. Это обусловлено тем, что живые организмы, создавшие биосферу и общий облик нашей планеты, оказываются наиболее чувствительными ко всем изменениям, происходящим на земном шаре.

Предотвращение гибели различных видов растительного и животного мира, представляя собой задачу эстетическую и нравственную, выступает

необходимым условием, обеспечивающим поддержание устойчивого уровня биологической продукции, сохранение физико-химических свойств биосферы, регулирование климата, а значит, существование жизни на планете.

123456789

Сохранение биологического разнообразия означает поддержание регулирующих механизмов природы, обеспечивающих бесперебойное функционирование и устойчивое развитие биогеоценозов и биосферы в целом.

Сама идея о необходимости охраны видов и природы в целом очень давняя и имеет историю как естественнонаучных, так и философских дискуссий.

Еще на заре человеческого общества существовали определенные ограничения на добывание зверей, птиц, рыб. Например, в Древней Греции за 250 лет до н. э. в трудах философов высказывается забота о природе, ее ценностях и о том, как спасти ее от зла, которое несет человек. У многих племен и народов существовали священные охраняемые территории — заповедные лесные участки, лежбища морских зверей, места гнездования перелетных птиц и т. д.

В России первое упоминание о запрете охоты встречается в «Русской правде» (XI в.). Позже указами царя Алексея Михайловича Романова были учреждены охотничьи заказники в Подмосковье. Ряд указов, направленных на сохранение естественных богатств страны, издал Петр I. В связи с этим в начале XVIII в. многие ценные лесные массивы были взяты под охрану. При этом Петр руководствовался не эстетическими или культурными соображениями, а хозяйственными интересами, так как эти леса обеспечивали ценной древесиной строительство военного и торгового флотов. В окрестностях Петербурга Петр I ввел жесткие ограничения на охоту и порубку леса.

В начале XX в. на территории России стали появляться заповедники: в 1913 г. — Байкальский (ныне Баргузинский); в 1919 г. в дельте Волги — Астраханский; в 1920 г. — Ильменский (на Южном Урале). В 1917—1924 гг. была опубликована за подписью В.И. Ленина серия законов об охране природы: «О лесах» (1918), «Об охоте» (1920), «Об охране памятников природы, садов и парков» (1921), «О сборе и культуре лекарственных растений» (1922).

Первые элементы природоохранной деятельности возникли с появлением признаков возможного истощения природных биологических ресурсов. Эту проблему стали решать путем ограничений и запретов, направленных на сохранение, с одной стороны, отдельных видов, а с другой — целостных биогеоценологических комплексов.

Однако, несмотря на всевозможные природоохранные мероприятия, производимые фактически во всех странах, зеленый покров Земли вместе с его разнообразным населением продолжает сокращаться и опустошаться. Никогда еще за 500 млн лет эволюции жизни на суше биосфера

не подвергалась такой безжалостной эксплуатации. Хотя в прошлом нашей планеты были «кризисы», связанные с вымиранием отдельных видов и даже целых крупных систематических групп, однако скорость снижения биологического разнообразия во время этих кризисов не была столь стремительной. Например, вымирание динозавров длилось более миллиона лет. К тому же скорость снижения биологического разнообразия видов всегда была несоизмеримо меньше скорости разрушения местообитаний, характерного для нашего времени. Данное обстоятельство позволяло осуществляться видообразованию, т. е. в не столь быстро меняющейся среде успевали возникать новые виды.

В настоящее время катастрофически быстро идет утрата и многих местообитаний и видов живых организмов. Такая «синхронность» грозит прекращением образования новых видов. Природные уголки, где сохранилась естественная природная среда, очень малы и не имеют всех условий для появления новых видов позвоночных животных и древесных семенных растений. Поэтому существует реальная опасность увидеть уже в ближайшее время торможение или даже прекращение многих экологических и эволюционных процессов, которые не прерывались с начала возникновения жизни на Земле. Надо надеяться, что люди, обладая биологическими и экологическими знаниями, остановят эти деградиционные процессы, сохранят восстановительные силы экосистем, обеспечивающие устойчивое развитие новых популяций и видов, в том числе исчезающих и редких.

1. Подумайте, почему человечество должно уделять постоянное внимание сокращению видов.
2. Подумайте, какие виды продолжают эволюцию в условиях очень быстро изменяющихся условий среды обитания.
3. Поясните, какие эволюционные преобразования произойдут у вида растений *Кислица обыкновенная*, обитающего в еловом лесу, после сплошной вырубki ели в этой экосистеме.

Важной мерой охраны природных популяций и видов является информация о редко встречающихся в природе живых существах и тех, кто находится под угрозой исчезновения с лица Земли.

Редкими называют виды или иные таксономические единицы, которые еще не находятся под угрозой исчезновения, но их общая численность на планете очень мала. *Исчезающими* называют виды, которые находятся под угрозой исчезновения и выживание которых представляется невозмож-

ным, если не будут устранены факторы, вызывающие эту угрозу. Как показывают факты, очень часто в категорию исчезающих попадают редкие виды. Поэтому многие редкие и исчезающие виды во многих странах становятся *охраняемыми* видами.

Под охраной редких и исчезающих видов следует понимать комплекс государственных и общественных мер, обеспечивающих сохранение и воспроизводство видов, популяций и отдельных особей данных видов. При этом преднамеренное нанесение вреда особям охраняемого вида (сбор коллекций, гербариев, отстрел, отлов и т. п.) и нарушение их среды обитания запрещены соответствующим законодательством и моральными нормами или обычаями. Научные основы сохранения видов и улучшения окружающей среды разрабатывают ученые-экологи.

Для учета таких видов Питер Скотт, возглавлявший в 60-х гг. XX в. Комиссию по редким видам в Международном союзе охраны природы и природных ресурсов (МСОП), предложил создать особый международный список. Так в 1966 г. появилась *Красная книга*, содержащая перечень и описание редких и вымирающих видов, которые находятся под международной защитой. Страны, на территории которых обитает вид, несут моральную и юридическую ответственность за его сбережение. В настоящее время во многих странах, и у нас в России, созданы и свои, национальные, Красные книги. Напомним также, что в 1992 г. на Международной конференции ООН в Рио-де-Жанейро по проблеме «Планета Земля» была выдвинута программа сохранения биологического разнообразия и принята Конвенция о биологическом разнообразии, подписанная представителями 179 правительств стран мира. В этих документах разработана всемирная стратегия охраны всего разнообразия видов, существующих на Земле.

Сохранение биологического разнообразия — основа устойчивого функционирования отдельных видов, экосистем и биосферы в целом.

Для всех стран, которые присоединяются к конвенции, предлагается:

1) определить компоненты биологического разнообразия, важные для сохранения и рационального использования, осуществить контроль за видами деятельности, которые могут оказать вредное влияние на биологическое разнообразие;

2) разработать национальные стратегии, планы или программы по сохранению и рациональному использованию биологического разнообразия;

3) принять законы для защиты видов, которым грозит вымирание, создать системы заповедников для сохранения биологического разнообразия и способствовать экологически безопасному развитию примыкающих к заповедным территорий;

4) восстановить и возродить деградированные экосистемы и способствовать сохранению видов, которым грозит вымирание, помогая мест-

ному населению в разработке и выполнении планов по восстановлению природы;

5) предотвратить появление чуждых биологических видов, которые угрожают экосистемам, поселениям или биологическим видам, контролировать или уничтожать их.

В программе и конвенции впервые использован термин «устойчивое развитие», который, отражая связь развития общества и охраны окружающей среды, означает переход человечества к ноосфере (сфере разума). Сохранение биологического разнообразия рассматривается как важнейшее условие, обеспечивающее устойчивое развитие и природы, и общества. Включение каждого человека в природоохранную деятельность требует формирования экологического общественного сознания, изменения стереотипов потребительского поведения людей в природе. Высшей, универсальной ценностью признается жизнь во всех ее проявлениях, и эта идея должна лежать в основе всех природопользовательских действий человека.

Чтобы направить поведение и деятельность людей в природе на устойчивое развитие, необходимо их биологическое и экологическое образование. Понимание законов жизни послужит основой развития экологического сознания и экологической культуры как регуляторов отношений человека и природы.

1. Назовите основные условия устойчивого развития природы и общества.
2. Сокращение биологического разнообразия касается каждого из нас. Каким образом это связано с вашими жизненно важными и культурными потребностями?
3. Какие виды охраняются в вашей местности?
4. Разработайте программу участия вашего класса в изучении охраняемых видов в вашем регионе.

Подведите итог.

Что вы узнали о популяционно-видовом уровне организации жизни?

Проверьте себя

1. Вид – это биосистема. Как вы обоснуете подобное утверждение?
2. Докажите, что популяция является формой существования вида и элементарной единицей эволюции.
3. Популяция – это биосистема. Как вы докажете верность этого утверждения?
4. Какое определение понятия «эволюция» кажется вам наиболее верным?
5. В чем отличие микроэволюции от эволюции?
6. Как осуществляется видообразование?
7. В чем особенности происхождения вида *Человек разумный*?
8. Какие направления ведет естественный отбор в становлении вида *Человек разумный*?
9. Почему естественный отбор считают ведущим фактором эволюции?
10. Какие важнейшие процессы совершаются на популяционно-видовом уровне организации жизни?
11. Какую роль играет популяционно-видовой структурный уровень в существовании живой материи?

Выскажите свое мнение

1. Во многих международных материалах об охране природы сообщается, что вырубка дождевых тропических лесов в Амазонии, достигшая в наше время огромных масштабов, ведет к катастрофическим изменениям во всей биосфере, к исчезновению редких уникальных видов живых организмов и угрожает существованию всего человечества. Вместе с тем бывший президент Бразилии Ж. Сарлей заявил: «Бразилию не удастся заставить сократить освоение девственного леса в бассейне Амазонки, поскольку это не международный заповедник, а важная для страны кладовая, являющаяся источником экономического развития».
 - Что по этому поводу думаете вы? Какой точки зрения придерживаетесь? Выскажите ваши предложения для разрешения возникшего противоречия.
2. Английский естествоиспытатель Алфред Уоллес изучал происхождение человека. В одной из книг он написал: «Человек – венец сознательной, организованной жизни – мог развиваться здесь,

на Земле, только при наличии всей огромной материальной Вселенной, которую мы видим вокруг нас».

• Как вы прокомментируете это высказывание?

3. В каждом наборе терминов один «лишний». Определите связанные друг с другом термины и тот, который к ним не относится.

- Популяция, вид, сообщество, эволюция.
- Биосистема, экосистема, структура, уровень.
- Дискретность, дивергенция, видообразование, генофонд.
- Глобальная, географическая, экологическая, элементарная.

Обсудите проблему

Ценность биологического разнообразия отмечена А.П. Чеховым в его повести «Степь»: «...сжатая рожь, бурьян, молочай, дикая конопля – все, побуревшее от зноя, рыжее и полумертвое, теперь омытое росой и облаканное солнцем, оживало, чтобы вновь зацвести. Над дорогой с веселым криком носились ласточки, в траве перекликались суслики, где-то далеко влево плакали чибисы. Стадо куропаток, испуганное брочкой, вспорхнуло и со своим мягким «трррр» полетело к холмам. Кузнечики, сверчки, скрипачи и медведки затянули в траве свою скрипучую монотонную музыку...»

• Сосчитайте, сколько видов живых организмов названо в приведенном отрывке. Нужно ли человеку «знать в лицо» живые существа, обитающие рядом с ним?

• Согласны ли вы с высказыванием К.Г. Паустовского: «Истинная радость – удел знающих, а не невежд»?

• Возникало ли у вас чувство «благоговения перед жизнью» (А. Швейцер) при общении с природой вашего края или какого-то другого уголка Земли?

Основные понятия

Вид, критерии вида, популяция, генотип, генофонд, эволюция, микроэволюция, искусственный отбор, естественный отбор, видообразование, биологическое разнообразие, популяционно-видовой структурный уровень организации живой материи, антропогенез, человеческие расы (негроидная, монголоидная, европеоидная), эволюционная теория Ч. Дарвина, приспособленность (адаптация), коадаптация, устойчивое развитие, направления эволюции.

Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1 (к § 18 учебника)

Приспособленность растений и животных к условиям жизни в лесном биогеоценозе

Цель работы: Сравнить приспособленность организмов разных ярусов к условиям жизни.

Оборудование: гербарий (цветущие побеги черемухи или рябины, кислица и майник или грушанка); шишки ели или сосны с семенами; кора сосны со следами ходов короедов или кора березы со следами ходов заболонника.

Четыре задания распределяются между учениками или группами учеников. Каждая группа выполняет одно задание. После окончания работы проводится совместное обсуждение всех четырех заданий. На основе обсуждения делается общий вывод по теме лабораторной работы.

Ход работы

Задание 1

Рассмотрите шишки и семена ели (или сосны). Укажите признаки, свойственные голосеменным растениям. Охарактеризуйте роль крылатки у семени. Проверьте летучесть крылатой семянки. Определите, в какой ярус входят эти растения. Укажите, какое условие среды обитания является необходимым для размножения и распространения этого растения. Сделайте вывод о приспособленности ели (сосны) к условиям существования в лесном биогеоценозе.

Задание 2

Рассмотрите гербарий с побегом цветущей черемухи (или рябины). Определите тип соцветия у растения. Отметьте окраску цветков. Охарактеризуйте значение цветков и соцветия для лесного растения. Определите, в какой ярус лесного биогеоценоза входит этот вид растения. Укажите, какое условие среды обитания является необходимым для размножения и распространения этого растения. Сделайте вывод о приспособленности черемухи к условиям существования в лесном биогеоценозе.

Задание 3

Рассмотрите гербарий травянистых растений лесного биогеоценоза – кислицу и майник (или грушанку, или ландыш). Сравните общий облик дан-

ных растений и укажите их общие черты. По внешнему облику растений обоих видов (по их надземным и подземным органам) смоделируйте условия, в которых обитают эти виды. Назовите ярус лесного биогеоценоза, куда входят оба эти растения. Сделайте вывод о приспособленности кислицы и майника к размножению и распространению в условиях существования лесного биогеоценоза.

Задание 4

Рассмотрите наружную и внутреннюю поверхности поврежденной коры сосны или березы. Найдите место входа насекомого в ствол растения. Рассмотрите ходы жука короеда, имеющиеся на коре, зарисуйте их. Назовите, в каком месте биотопа лесного биогеоценоза обитают эти жуки. Сделайте вывод о приспособленности к питанию и размножению этих насекомых в условиях лесного биогеоценоза.

Лабораторная работа № 2 (к § 24 учебника)

Морфологические критерии, используемые при определении видов

Цель работы: сравнить морфологические признаки у разных видов.

Оборудование: лупа; гербарий растений: ветреница дубравная и ветреница лютичная (или лесная, или другой вид), подорожник большой и подорожник ланцетолистный (или средний, или другой вид), клевер луговой и клевер ползучий (или пашенный, или другой вид); живые комнатные растения: пеларгония душистая и пеларгония зональная (или другой вид); коллекция жуков: хрущ майский западный и хрущ майский восточный (или кузька посевной и кузька хлебный июньский) или другие виды одного рода.

По всем названным представителям видов формулируются отдельные задания. Выполнение работ проводится по единому плану. Задания распределяются между группами учащихся. По окончании работы делается общий вывод по теме лабораторной работы.

Ход работы

1. Рассмотрите гербарий (или коллекцию, или живые комнатные растения). Определите части тела исследуемых объектов.

2. Определите черты сходства в строении тела по отдельным органам и частям тела у сравниваемых видов. Сделайте соответствующие записи.

3. Найдите черты различия в строении тела у изучаемых объектов. Сделайте соответствующие записи.

4. Выявите главные отличительные признаки сравниваемых видов. Опишите и зарисуйте их.

5. Сделайте общий вывод о различии рассматриваемых видов.

6. Сформулируйте общий вывод о роли морфологического критерия в определении близкородственных видов.

7. Обсудите вопрос о том, почему система К. Линнея, построенная на основе морфологического критерия, считается искусственной и была отвергнута современной систематикой.

Лабораторная работа № 3 (к § 33 учебника)

Наблюдение признаков ароморфоза у растений и животных

Цель работы: ознакомиться с признаками ароморфоза у растений и животных.

Оборудование: лупа; препаровальная игла; живые комнатные растения (можно использовать гербарий): цветущее растение сенполия (или бегония, или амариллис, или другое) и папоротник нефролепис со спорами (или асплениум, или птерис); комплект рисунков кровеносных систем позвоночных животных: рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих.

Ход работы

Задание 1

1. Рассмотрите растения. Сравните их между собой. Определите признаки сходства между ними.
2. Определите, почему оба эти растения относятся к группе высших растений. Укажите основные функции, выполняемые органами этих растений.
3. Найдите органы размножения у обоих исследуемых растений.
4. Рассмотрите под лупой строение цветка и зарисуйте его главные части. Укажите, к какой группе высших растений относится данный представитель царства растений. Назовите, с помощью чего размножается и распространяется такое растение.
5. Найдите у нефролеписа сорусы со спорами. Рассмотрите под лупой содержимое соруса. Укажите, к какой группе высших растений относится данный представитель царства растений. Назовите, с помощью чего размножается и распространяется такое растение.
6. Сделайте вывод о том, какие признаки ароморфоза в эволюции растительного мира вы наблюдали на примере данных растений.

Задание 2

1. Рассмотрите комплект рисунков кровеносной системы позвоночных животных.
2. Назовите основные органы кровеносной системы у всех исследуемых представителей.
3. Сравните между собой рисунки кровеносной системы у разных животных. Отметьте у них черты сходства.
4. Отметьте отличительные черты в строении кровеносной системы у разных представителей позвоночных животных и занесите их в сравнительную таблицу по предложенному образцу:

Признаки	Рыбы	Земно-водные	Пресмыкающиеся	Птицы	Млекопитающие
Строение сердца					
Кровеносные сосуды					
Круги кровообращения					

5. Сделайте вывод из своих наблюдений и охарактеризуйте, какие прогрессивные признаки появились в кровеносной системе позвоночных животных в процессе эволюции. Отметьте, какие еще преобразования в строении и функциях организмов, ведущие к морфофизиологическому прогрессу, наблюдаются у позвоночных животных.

Адаптация (лат. *adaptatio* – «прилаживаю», «приспособление») – процесс и результат приспособления организма к условиям обитания.

Агробиоценоз (агроэкосистема) (греч. *agros* – «поле»; *bios* – «жизнь»; *koinos* – «общий») – искусственный биогеоценоз (экосистема), основные функции которого поддерживаются системой агрономических мероприятий (вспашка, внесение удобрений, снятие урожая, обработка ядохимикатами и т. д.). От естественных биогеоценозов отличается простотой структуры и, как правило, доминированием культурных растений поля, огорода, сада, парка и др. Без поддержки человека агробиоценоз быстро распадается, возвращаясь к естественному природному состоянию.

Анаэробы (греч. *an* – частица отрицания; *aer* – «воздух»; *bios* – «жизнь») – организмы, способные жить и развиваться при отсутствии в среде свободного кислорода.

Антеридий (греч. *antheros* – «цветущий») – мужской половой орган споровых растений (водорослей, мхов, папоротников) и грибов (оомицетов, аскомицетов).

Антропогенез (греч. *anthropos* – «человек»; *genesis* – «происхождение») – происхождение человека, становление его как вида в процессе эволюции.

Антропоцентризм (греч. *anthropos* – «человек») – мировоззрение и научный подход, рассматривающие все явления и отношения с позиции их значения для человека и его интересов; человек – в центре внимания (сравните: биоцентризм).

Ароморфоз (греч. *airo* – «поднимаю»; *morphosis* – «образец», «форма») – одно из основных направлений эволюции, характеризующее эволюционное изменение, в результате которого живое поднимается на новую, более прогрессивную ступень развития.

Архегоний (греч. *arche* – «начало»; *gone* – «рождение», «материнская утроба») – женский половой орган мхов, плаунов, хвощей, папоротников и голосеменных.

Ассимиляция (лат. *assimilatio* – «уподобление», «слияние», «усвоение») – эндотермический процесс уподобления соединений, поступающих в клетки организма. Это созидательная часть метаболизма.

Аэробы – организмы, способные к активной жизнедеятельности и завершению полного жизненного цикла в присутствии кислорода.

Биогеоценоз (греч. *bios* – «жизнь»; *gē* – «земля»; *koinos* – «общий») – однородный участок земной поверхности с определенным составом живых (биоценоз) и абиотических (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, почва, влага и прочие условия окружающей среды) компонентов, объединенных круговоротом веществ и потоком энергии в единый природный комплекс. Совокупность биогеоценозов образует биогеоценологический покров Земли, т. е. всю биосферу, а отдельный биогеоценоз представляет собой ее элементарную единицу.

Биологическое разнообразие – разнообразие живых организмов, а также видов, экосистем и экологических процессов, звеньями которых они являются. На конференции ООН по проблеме «Планета Земля и повестка дня на XXI век» в Рио-де-Жанейро в 1992 г. была выдвинута программа «Ценность биологического разнообразия», где обозначены типы биоразнообразия: генетическое, видовое и экосистемное.

Биологические ритмы – периодически повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений.

Биологический круговорот веществ – переход питательных химических элементов от неживой природы из почвы и атмосферы в живые организмы с соответствующим изменением их химической формы и возвращение их в почву и атмосферу в процессе жизнедеятельности организмов с их останками после смерти, а затем повторное поступление химических элементов в живые организмы после процессов деструкции и минерализации с помощью бактерий и грибов.

Биом (греч. *bios* – «жизнь»; лат. *oma* – окончание, означающее совокупность) – совокупность биогеоценозов в определенной ландшафтно-географической зоне, например в тундре, хвойных лесах, степной зоне.

Биосистема – система как целостность, содержащая живые компоненты.

Биосфера — одна из оболочек (сфер) Земли, состав, строение и энергетика которой в существенных своих чертах определены совокупной деятельностью живых организмов.

Биопоэз (греч. *bios* — «жизнь»; *poiesis* — «творчество») — возникновение жизни в ходе физической и химической эволюции материи во Вселенной.

Биотоп (экотоп, местообитание) — однородный по условиям жизни для формирования определенного биоценоза участок территории; является составной частью биогеоценоза.

Биоценоз — совокупность популяций растений, животных, бактерий и грибов, совместно обитающих в одних и тех же условиях среды; является составной частью биогеоценоза.

Биоцентризм — научный подход в природоохранном деле, ставящий превыше всего интересы живой природы, какими они представляются человеку (сравните: антропоцентризм).

Вид (лат. *species* — «род», «вид») — основная структурная единица в системе живых организмов, арена и качественный результат эволюции. Вид понимается как сложная система популяций, населяющих определенный ареал, обладающих рядом общих морфологических, физиологических и генетических признаков и типов взаимоотношений с абиотической и биотической средой и отделенных от других видов полным отсутствием естественных гибридных форм.

Вирус (лат. *virus* — «яд») — неклеточная форма жизни, способная проникать в определенные живые клетки и размножаться только внутри этих клеток за счет материалов хозяина.

Волны жизни (популяционные волны) — один из элементарных факторов эволюции (микроэволюции). Это автоколебательные процессы численности, без которых не может длительно существовать ни одна популяция.

Ген (греч. *genos* — «род», «происхождение») — участок ДНК, контролирующий определенный наследственный признак организма, обычно соответствующий молекуле белка («один ген — один белок»).

Генотип (греч. *genos* — «род»; *typos* — «отпечаток») — совокупность всех наследственных задатков (генов) данной клетки или организма.

Генофонд (греч. *genos* – «род»; *fond* – «основание») – совокупность всех генов, которые содержатся у всех особей данной популяции вида. Важнейшая особенность единого генофонда – его глубокая дифференцированность и неоднородность.

Гетеротрофы (греч. *heteros* – «другой»; *trophe* – «пища») – бактерии, грибы, животные и некоторые растения (паразитические, насекомоядные), питающиеся готовыми органическими веществами.

Дегенерация (лат. *degenero* – «вырождаюсь») – одно из основных направлений эволюции, характеризующееся упрощением биологической организации организма, популяции или экосистемы.

Детрит (лат. *detritus* – «истертый») – мелкие органические частицы, остатки разложившихся животных, растений и грибов вместе с содержащимися в них бактериями, осевшие на дно водоема или находящиеся во взвешенном состоянии в толще воды.

Детритофаги (лат. *detritus* – «истертый»; *phagos* – «пожиратель») – водные и сухопутные животные, питающиеся детритом вместе с содержащимися в нем микроорганизмами.

Дивергенция (лат. *divergere* – «отклоняться») – расхождение признаков организмов в ходе эволюции линий, возникших от общего предка.

Емкость среды – мера изменения качества среды при внешнем воздействии на нее. Емкость тем больше, чем меньше изменяется качество среды при фиксированном уровне воздействия.

Естественная экосистема (биогеоценоз) – природная экосистема.

Естественный отбор – основной движущий фактор эволюции, результат борьбы за существование, выражающийся в преимущественном выживании и оставлении потомства наиболее приспособленными особями каждого вида и гибели наименее приспособленных.

Живое вещество – совокупность всех живых организмов, существующих в данный момент; связано с окружающей средой биогенным током химических элементов путем дыхания, питания и размножения (термин введен В.И. Вернадским).

Жизненная форма (биоморфа) – внешний облик (габитус) растений и животных, отражающий приспособленность организмов к абиотиче-

ским и биотическим условиям среды. Один и тот же вид растения в разных условиях среды может иметь разные жизненные формы.

Зооценоз (греч. *zoon* – «животное», «живое существо»; *koinos* – «общий») – часть биоценоза, представленная совокупностью животных, характеризующаяся определенным составом, сложными взаимоотношениями животных между собой и с окружающей их средой.

Идиоадаптация (греч. *idios* – «особый», «своеобразный»; лат. *adaptare* – «приспосабливаться») – одно из основных направлений эволюции, характеризующее частное приспособление организмов к определенному образу жизни в конкретных условиях внешней среды.

Интеграция (лат. *integratio* – «восстановление», «воссоздание») – объединение и координация действий различных компонентов биологических систем (сравните: дезинтеграция – нарушение целостности системы).

Коацерваты (лат. *coacervatio* – «накопление») – мелкие частицы, имеющие вид капелек, образованные из органических макромолекул; являются подобием первичных организмов.

Комменсализм (лат. *cum* – «вместе»; *mensa* – «стол», «яства») (**сотрапезничество**) – тип взаимосвязи между двумя видами, при котором один получает какое-либо преимущество, не принося заметного вреда другому.

Консументы (лат. *consumo* – «потребляю») – организмы, потребляющие готовые органические вещества, но не доводящие разложение органических веществ до простых минеральных составляющих. Совокупность консументов образует трофические цепи (цепи питания).

Коренное сообщество (климаксное сообщество, конечное сообщество) – завершающее в процессе смены (сукцессии) биогеоценоза состояние, характеризующееся максимальной степенью равновесия внутренних свойств сообщества и данных внешних условий его существования.

Косное вещество – совокупность условий неживой природы (термин введен В.И. Вернадским).

Круговорот веществ в природе – относительно повторяющиеся взаимосвязанные физические, химические и биологические процессы пре-

вращения и перемещения веществ в природе. Различают большой круговорот веществ, или круговорот воды на планете, и малый, или биологический, круговорот.

Макроэволюция – эволюционные преобразования, ведущие к формированию таксонов более высокого ранга, чем вид (родов, семейств, отрядов и т. д.). Реализуется через микроэволюцию.

Микроэволюция – совокупность эволюционных процессов, протекающих в популяциях и приводящих к изменению генофонда этих популяций. При особых условиях (например, изоляция) микроэволюция может привести к возникновению новых видов.

Моделирование (лат. *modulus* – «мера», «образец») – метод опосредованного изучения объектов действительности на их естественных или искусственных аналогах – моделях. Моделирование включает три этапа: создание модели, исследование объекта с помощью различных операций с моделью, перенос полученных знаний на реальный прототип модели.

Мониторинг (англ. *monitor* – «предостерегающий») – длительное наблюдение и оценка или прогноз состояния различных параметров окружающей среды.

Мутаген (греч. *mutatio* – «изменение»; *genos* – «род») – фактор, вызывающий мутацию.

Мутация (греч. *mutatio* – «изменение») – внезапно возникающее естественное или искусственное стойкое изменение наследственных структур, ответственных за хранение генетической информации и ее передачу от клетки к клетке и от предка к потомству.

Мутуализм (лат. *mutuus* – «взаимный») – одна из форм симбиоза, при которой каждый из сожительствающих организмов (симбионтов) приносит какую-либо пользу другому.

Ноосфера (греч. *noos* – «разум»; *sphaire* – «шар») – новая стадия биосферы, связанная с возникновением и развитием в ней человечества. Термин введен В.И. Вернадским в 1931 г. для обозначения этапа эволюции биосферы, характеризующегося ведущей ролью разумной сознательной деятельности человеческого общества в ее развитии.

Норма реакции – предсказуемое изменение состояния системы при определенном уровне внешнего воздействия.

Оплодотворение – слияние ядер мужской и женской половых клеток зюкариот, в результате чего возникает зигота.

Орган (греч. *organon* – «орудие», «инструмент») – часть живого организма, выполняющая определенную функцию в нем.

Органоид (греч. *organon* – «орудие», «инструмент»; *eidōs* – «вид») (**оргanelла**) – клеточная структура, обеспечивающая выполнение специфических функций.

Ойкумена (греч. *oikumene* – «населю») – совокупность областей земного шара, заселенных, освоенных или иным образом вовлеченных в орбиту жизни человеческого общества.

Организм – целостная, замкнутая по структуре, иерархически организованная, неравновесная, самоорганизующаяся, открытая по обмену веществом и энергией живая система (биосистема), элемент всех экологических систем.

Паразитизм (греч. *parasitos* – «нахлебник») – форма отношений между двумя организмами разных видов, при которых один (паразит) живет на другом (хозяине) или внутри него и питается за его счет.

Пионерное сообщество (фр. *pionnier* – «первопроходец», «зачинатель») – сообщество, формирующееся в месте, ранее по каким-либо причинам лишенном жизни. Пионерное сообщество представлено случайно собранными (пионерными) видами.

Пирамида экологическая – графическое отображение трофической структуры. Основанием экологической пирамиды служит уровень продуцентов (первый трофический уровень). Различают пирамиды: чисел, биомассы и энергии. Основание в пирамидах чисел и биомассы может быть меньше, чем последующие уровни (в зависимости от соотношения размеров продуцентов и консументов); пирамида энергии всегда сужается кверху.

Пищевая сеть – совокупность пищевых цепей в экосистеме (биогеоценозе); трофический компонент экосистемы.

Плотность популяции – число особей популяции в некоторой единице пространства (объема или площади).

Популяция (лат. *populus* – «народ», «население») – совокупность особей одного вида, обладающая общим генофондом, занимающая определенную территорию и способная достаточно длительное время (в течение нескольких десятков поколений) через размножение устойчиво поддерживать свое существование.

Продуценты – автотрофные организмы, продуцирующие органическое вещество из простых неорганических веществ. Среди них различают фототрофы и хемотрофы.

Прокариоты (греч. *pro* – «перед»; *karion* – «ядро») (**Доядерные**) – организмы, у которых нет четко оформленного ядра – наследственный материал не отделен оболочкой от цитоплазмы.

Протобионты (греч. *protos* – «первый»; *biontos* – «живущий») – первые примитивные организмы, появившиеся на Земле.

Равновесие динамическое – равновесное состояние системы, поддерживаемое за счет постоянного возобновления ее компонентов и структуры.

Редуценты – гетеротрофные организмы, главным образом бактерии и грибы, превращающие органические вещества в неорганические соединения.

Саморегуляция – свойство биологической системы в процессе ее функционирования сохранять на определенном уровне типичное состояние, режимы, характеристики связей между компонентами.

Сапрофаги (греч. *sapros* – «гнилой»; *phagos* – «пожиратель») – организмы, питающиеся органическими веществами отмерших организмов (падалью, пометом, гниющими остатками растений, грибов и др.).

Симбиоз (греч. *symbiosis* – «совместная жизнь») – длительное сожительство организмов разных видов (симбионтов), обычно приносящее обоюдную пользу. Примеры: лишайник – симбиоз гриба и водоросли (или цианобактерии), микориза (или грибокорень) – симбиоз гриба и корней высшего растения.

Смена биогеоценоза – замена одного биогеоценоза качественно отличным другим биогеоценозом на той же самой поверхности Земли.

Среда – комплекс экологических факторов, прямо или косвенно воздействующих на живые системы.

Среда обитания – совокупность абиотических и биотических условий и ресурсов жизни организмов.

Среды жизни – качественно различные среды обитания на Земле. Различаются четыре среды жизни: водная, наземно-воздушная, почвенная и организменная.

Сукцессия (лат. *successio* – «преемственность», «наследование») – последовательная замена одних биогеоценозов (экосистем) качественно отличными другими под влиянием их внутреннего развития и взаимодействия с окружающей средой.

Толерантность (лат. *tolerantia* – «терпение») – способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды.

Трофический уровень – совокупность организмов, объединяемых типом питания. Организмы различных трофических цепей, получающие пищу через равное число звеньев в трофической цепи, находятся на одном трофическом уровне.

Уровни организации живой материи – структурная организация биосистем, отражающая их уровневую иерархию в зависимости от степени (ступени, уровня) сложности. Различают шесть основных структурных уровней жизни: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный.

Устойчивое развитие – развитие такой системы «общество – природа», которая обеспечивает удовлетворение потребностей общества без ущерба основных параметров биосферы и одновременно не сокращает возможности будущим поколениям удовлетворять свои потребности.

Устойчивость экосистемы – способность экосистемы сохранять функционирование в пределах естественного колебания ее параметров.

Фитофаги (греч. *phyton* – «растение»; *phagos* – «пожиратель») (**растительноядные**) – гетеротрофы, питающиеся растениями; являются консументами первого порядка в цепях питания.

Фотосинтез (греч. *photos* – «свет»; *synthesis* – «соединение») – процесс образования органических веществ из неорганических с помощью хлорофилла в условиях света; углеродное питание растений за счет солнечной энергии.

Хемосинтез (греч. *chemeia* – «химия»; *synthesis* – «соединение») – питание организмов за счет энергии химических связей.

Хищничество – взаимосвязь между двумя видами, при которой один компонент поедает другого (жертву).

Ценоз (греч. *koinos* – «общий», «совокупный») – любое сообщество (биогеоценоз, зооценоз, фитоценоз и др.).

Цепь питания (цепь трофическая, пищевая цепь) – взаимоотношения между организмами, через которые в экосистеме проходит трансформация вещества и энергии. Различают пастбищную цепь питания (цепь выедания) и детритную цепь (цепь разложения).

Численность – общее (абсолютное) число особей данного вида, обитающего на Земле в настоящее время.

Эволюция (лат. *evolutio* – «развертывание») – необратимый процесс исторического изменения живого.

Экологическая группа – группа организмов, обладающих приспособительными свойствами по отношению к какому-то определенному фактору среды: свету, влаге, температуре или солености и пр.

Экологический фактор (лат. *factor* – «делающий», «производящий») – прямое или косвенное воздействие окружающей среды на живые системы. Различают три группы экологических факторов: абиотические – влияние неживой природы, биотические – влияние живых организмов (растений, животных, бактерий и грибов) и антропогенные – влияния, оказываемые человеком и его деятельностью.

Экологическое образование – процесс и результат усвоения систематических знаний, умений и навыков в области воздействия на окружающую

среду, воспитание экологической культуры и формирование природосообразной деятельности в процессе обучения.

Экосистема – совокупность совместно обитающих организмов и условий их среды обитания, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом и обуславливающих равноправное функциональное участие абиотической среды и живого населения.

Экотоп – абиотические компоненты среды обитания сообщества живых организмов. Под влиянием сообщества организмов (биоценоза) экотоп переходит в биотоп. Часто используется как синоним терминов «биотоп» и «местообитание».

Эмерджентность (англ. *emergence* – «добавочность», «возникновение нового») – появление качественно новых свойств, которые нельзя предсказать, исходя из свойств компонентов системы. Она возникает при взаимодействии двух или нескольких объектов или явлений, свойств, не являющихся простой суммой исходных и не присущих ее частям, а появляющихся от взаимопроникновения и взаимодействия этих частей.

Эндемик (греч. *endemos* – «местный») – местный вид, обитающий только в данном регионе и не живущий естественным образом в других районах.

Эндобионты (греч. *endon* – «внутри»; *bion* – «живущий») – организмы, обитающие внутри живого организма другого вида. Среди эндобионтов различают симбионтов, комменсалов и паразитов.

Эукариоты (греч. *eu* – «хорошо», «полностью»; *karion* – «ядро») (**Ядерные**) – организмы, у которых хорошо оформлено ядро – отделено двойной ядерной оболочкой от цитоплазмы.

Эфемеры – организмы с коротким (как правило, с весенним или иным влажным периодом среды обитания) жизненным циклом. Обычно однолетние растения.

Эфемероид – многолетнее растение, характеризующееся кратким периодом развития, непродолжительным периодом цветения и ежегодной вегетацией.

Ядро – важнейшая часть эукариотической клетки, регулирующая всю активность клетки, несет в себе наследственную информацию в макромолекулах ДНК.

Яйцеклетка – женская половая клетка.

Ярус – часть слоя в биоценозе и агроценозе, к которой приурочены ассимилирующие или запасающие органы растений.

Ярусность – пространственно-структурное расчленение толщи биогеоценоза (экосистемы) на ярусы, слои, пологи и др. Различают ярусы в пространстве (надземные и подземные) и во времени (разновременное участие видов в жизнедеятельности сообщества).

Оглавление

Глава 1. Введение в курс общей биологии

■	§ 1.	Содержание и структура курса общей биологии	3
■	§ 2.	Основные свойства жизни	5
■	§ 3.	Уровни организации живой материи	8
■	§ 4.	Значение практической биологии	12
■	§ 5.	Методы биологических исследований	16
■	§ 6.	Живой мир и культура. <i>Семинарское занятие</i>	18

Глава 2. Биосферный уровень жизни

■	§ 7.	Учение о биосфере	25
■		Функции живого вещества в биосфере	29
■	§ 8.	Происхождение живого вещества	32
■		Физико-химическая эволюция в развитии биосферы	37
■	§ 9.	Биологическая эволюция в развитии биосферы	43
■		Хронология развития жизни на Земле	47
■	§ 10.	Биосфера как глобальная экосистема	52
■	§ 11.	Круговорот веществ в природе	55
■		Механизмы устойчивости биосферы	58
■	§ 12.	Человек как житель биосферы	60
■	§ 13.	Особенности биосферного уровня организации живой материи и его роль в обеспечении жизни на Земле	63
■	§ 14.	Взаимоотношения человека и природы как фактор развития биосферы	65
■	§ 15.	Экологические факторы и их значение	68

Глава 3. Биogeоценотический уровень жизни

■	§ 16.	Биogeоценоз как особый уровень организации жизни	76
■	§ 17.	Биogeоценоз как био- и экосистема	79
■	§ 18.	Строение и свойства биogeоценоза	81
■	§ 19.	Совместная жизнь видов в биogeоценозе	86
■		Приспособления видов к совместной жизни в биogeоценозах	91
■	§ 20.	Причины устойчивости биogeоценозов	95
■	§ 21.	Зарождение и смена биogeоценозов	99
■		Суточные и сезонные изменения биogeоценозов	103
■		Многообразии водных биogeоценозов	107
■		Многообразии биogeоценозов суши	111
■	§ 22.	Сохранение разнообразия биogeоценозов (экосистем)	115

■	Природопользование в истории человечества	118
■	§ 23. Экологические законы природопользования	123

Глава 4. Популяционно-видовой уровень жизни

■	§ 24. Вид, его критерии и структура	128
■	§ 25. Популяция как форма существования вида и как особая генетическая система	132
■	Популяция – структурная единица вида	136
■	§ 26. Популяция как основная единица эволюции	139
■	§ 27. Видообразование – процесс увеличения видов на Земле ...	143
■	Система живых организмов на Земле	148
■	Сохранение биоразнообразия – насущная задача человечества	152
■	§ 28. Этапы происхождения человека	156
■	§ 29. Человек как уникальный вид живой природы	161
■	§ 30. История развития эволюционных идей	165
■	Естественный отбор и его формы	169
■	Искусственный отбор и его роль в увеличении биологического разнообразия	172
■	§ 31. Современное учение об эволюции	175
■	§ 32. Результаты эволюции и ее основные закономерности ...	178
■	§ 33. Основные направления эволюции	181
■	§ 34. Особенности популяционно-видового уровня жизни ...	185
■	Значение изучения популяций и видов	189
■	Генофонд и причины гибели видов	192
■	Проблема сохранения видов	197
■	§ 35. Всемирная стратегия охраны природных видов	199
	Приложение	204
	Словарь основных понятий	209