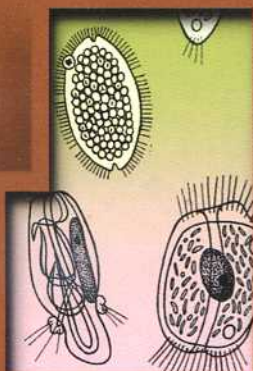


И.Н. Пономарёва
О.А. Корнилова
Л.В. Симонова

Биология

Профильный уровень



Вентана-Граф

10 класс

И.Н. Пономарёва
О.А. Корнилова
Л.В. Симонова

Биология

10 класс

Профильный уровень

**Учебник для учащихся
общеобразовательных
учреждений**

Издание второе, переработанное

Под редакцией
проф. И.Н. Пономарёвой

Рекомендовано
Министерством образования и науки
Российской Федерации



Москва
Издательский центр
«Вентана-Граф»
2013

Учебник включён в федеральный перечень**Пономарёва И.Н.**

П41 Биология : 10 класс : профильный уровень : учебник для учащихся общеобразовательных учреждений / И.Н. Пономарёва, О.А. Корнилова, Л.В. Симонова ; под ред. И.Н. Пономарёвой. — 2-е изд., перераб. — М. : Вентана-Граф, 2013. — 400 с. : ил.

ISBN 978-5-360-04087-3

Курс биологии 10 класса, представленный в 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.

Учебный материал разделён на четыре раздела и двенадцать глав, каждая из которых завершается материалами для самоконтроля и развития творческих возможностей учащихся. Текст учебника иллюстрирован и дополнен словарём терминов изучаемых разделов биологии.

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

ББК 28.0я72

Учебное издание

Пономарёва Ирина Николаевна
Корнилова Ольга Анатольевна
Симонова Людмила Владимировна

Биология

10 класс

Профильный уровень

Учебник для учащихся общеобразовательных учреждений

Подписано в печать 29.10.12. Формат 70×90/16. Гарнитура NewBaskervilleC
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. Печ. л. 25,0. Тираж 2000 экз. Заказ № 1322/13.

ООО Издательский центр «Вентана-Граф». 127422, Москва, ул. Тимирязевская, д. 1, корп. 3
Тел./факс: (495) 611-15-74, 611-21-56. E-mail: info@vgf.ru, <http://www.vgf.ru>

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ООО «ИПК Парето-Принт»,
170546, Тверская область, Калининский р-н, Бурашевское сельское поселение,
промышленная зона Боровлёво-1, комплекс № 3 «А». www.pareto-print.ru

© Пономарёва И.Н., Корнилова О.А., Симонова Л.В., 2009
© Издательский центр «Вентана-Граф», 2009
© Пономарёва И.Н., Корнилова О.А., Симонова Л.В., 2012,
с изменениями
© Издательский центр «Вентана-Граф», 2012, с изменениями

ISBN 978-5-360-04087-3

Предисловие

Вы открыли учебник по биологии для старшей школы. В нём излагаются основные явления и закономерности существования живых систем. Они базируются как на фундаментальных материалах классической биологии, так и на последних её научных достижениях.

Учебник представляет основы биологических наук в принципиально новом построении учебного курса общей биологии. Свойства живой материи рассматриваются на примере разных уровней её организации — молекулярном, клеточном, организменном, популяционно-видовом, биогеоценотическом и биосферном. Такой подход позволяет показать в интегрированном виде: а) единство связи биологии с экологией, географией, химией, физикой, историей, философией, этикой, эстетикой, кибернетикой, правом, с различными техническими областями знаний; б) обогащённое содержание биологического материала данного курса элементами культуры, гуманизма и нравственности; в) достижения практической биологии и практики рационального природопользования; г) обеспечение безопасности жизнедеятельности человека и сохранности живой природы.

Содержание, структура и методический аппарат учебника направлены на то, чтобы сформировать достаточно глубокие знания о современной картине живого мира, основах жизни и прикладном значении науки биологии. Поэтому важно, чтобы вы не только усвоили учебный материал профильного курса биологии, но и научились применять полученные знания в своей учебно-познавательной и практической деятельности.

Перечень вопросов и заданий, тесты, рисунки и подписи к ним помогут вам усвоить теоретический материал и обеспечить понимание сложности и многогранности биологических явлений в природе. Старайтесь ответить на все вопросы и выполнить все задания, которые даны в конце параграфов и глав в целях самоконтроля. Это облегчит подготовку к единому государственному экзамену. Для развития исследовательских умений в учебнике предложены темы для наблюдений, исследований, рефератов и дискуссий.

Основные научные термины, важнейшие выводы выделены курсивом. Для справок и уточнения понятий в учебник включён толковый словарь биологических терминов.

В учебнике для учащихся 10 класса излагаются сведения о явлениях и закономерностях, совершающихся на трёх уровнях организации жизни: биосферном, биогеоценотическом и популяционно-видовом, для учащихся 11 класса — материалы о явлениях и закономерностях живой природы, происходящих на организменном, клеточном и молекулярном уровнях.

Введение в курс биологии для 10–11 классов

Изучив материал раздела I, вы сумеете охарактеризовать:

- значение знаний биологии;
- задачи курса биологии для 10 и 11 классов;
- прикладные отрасли биологии;
- основные свойства живой материи;
- методы биологических исследований.

Вы сможете:

- анализировать и оценивать этапы исследования биологического разнообразия;
- объяснять практическое значение знаний биологии;
- выявлять признаки различия живой и неживой материи;
- сравнивать между собой структурные уровни организации жизни;
- объяснять общие свойства биосистем;
- применять методы биологических исследований.

Глава 1

Биология как наука и её прикладное значение

§ 1

Биология и её связи с другими науками

Вспомните:

- что изучает биология;
- какие материалы биологии называют общебиологическими;
- что вы изучали в курсе биологии 9 класса.

Биология — наука о жизни (от. греч. *bios* — «жизнь», *logos* — «наука»). Это название впервые упоминается в сочинениях французских и немецких натуралистов конца XVIII — начала XIX века — Т. Роозе (1797), К. Бурдаха (1800) и Г.-Р. Тревирануса (1802). Однако в науку термин «биология» вошёл с именем выдающегося французского учёного-эволюциониста Ж.-Б. Ламарка в 1802 году. С этого времени он стал активно использоваться, заменив собой название «натуральная история», ранее обозначавшее область знаний о живой природе. Поэтому нередко биологию считают сравнительно молодой наукой, хотя

её истоки можно обнаружить в религиозных, философских и натуралистических трудах выдающихся мыслителей Древней Греции и Рима — Аристотеля, Теофраста, Плиния Старшего, Колумеллы и других.

Долгие годы биология ограничивалась наблюдением, описанием и классификацией представителей животного и растительного мира. *Это был период естественной истории.*

Предметом исследования современной биологии является познание разнообразных свойств живой природы, в том числе и человека: строения и функционирования живых систем; многообразия видов и природных сообществ; распространения жизни на Земле, закономерностей её происхождения и развития, взаимосвязи с неживой природой. На этой основе формулируются законы, теории, идеи, обеспечивающие применение полученных знаний в практической деятельности.

В настоящее время биология является теоретической основой для многих прикладных отраслей науки (сельского хозяйства, медицины, биотехнологии, фармацевтики), культуры, а также промышленного производства, которое непосредственно связано с использованием достижений биологии.

Задачи современной биологии многочисленны и разноплановы, но в целом они направлены на познание всего многообразия жизни для выработки таких форм взаимоотношений человека с природой, которые позволили бы ему долго и эффективно использовать природные ресурсы биосферы и устойчиво развиваться вместе с ней.

Биология — комплексная наука. Она охватывает множество научных областей, сформировавшихся в форме частных наук. Комплексный характер биологии определяется, с одной стороны, многообразием форм и проявлений жизни, а с другой — разноплановостью практического приложения биологических знаний.

Возникнув первоначально как особое направление естествознания, биология долго представляла собой две классические области — ботанику и зоологию. Каждая из них охватывала многие ёмкие вопросы морфологии, систематики, физиологии, экологии, а также индивидуальное и историческое развитие растений и животных. Научные открытия конца XIX — начала XX века, а также колоссальный объём накопленных знаний привели в настоящее время к обособлению и выделению из ботаники и зоологии многих частных наук. Например, обособились науки: цитология, исследующая клетку, эмбриология — зародышей животных, протозоология — одноклеточных животных, паразитология — паразитов, гельминтология — паразитических червей, энтомология — насекомых, акарология — клещей, альгология — водоросли,



Жан Батист Пьер Ламарк (1744–1829), французский естествоиспытатель

бриология — моховидных, микология — грибы, микробиология — бактерий и архебактерий. На основе цитологических исследований особенностей организмов и изучения истории их происхождения из царства Растения обособились царства Грибы и Бактерии. При этом обозначились: новая таксономическая группа — надцарства (Прокариоты и Эукариоты) и высшая таксономическая группа — Империя, охватывающая клеточные и неклеточные формы живых организмов. Появились новые области биологической науки, исследующие различные природные комплексы организмов, — дендрология (наука о лесе), болотоведение, луговедение, тундроведение и др. При этом все эти частные науки опять-таки носят комплексный характер, поскольку характеризуют морфологический, систематический, физиологический, экологический, почвоведческий, географический и другие разделы знаний о живой природе.

С глубокой древности активно развиваются прикладные отрасли биологии, использующие знания о растениях и животных, — растениеводство, животноводство, селекция и др.

В эпоху возрождения от общего ствола биологии обособляются науки о строении и функциях человеческого организма — анатомия и физиология человека, развитие которых стимулируется потребностями медицины. Одним из первых описание органов человеческого организма сделал А. Везалий в книге «Строение человеческого тела» (1543), а У. Гарвей в 1628 году открыл значение системы кровообращения в организме человека.

Таким образом, современная биология состоит из целого ряда взаимосвязанных специализированных областей биологической науки: ботаники, зоологии, анатомии, морфологии, систематики, физиологии, гистологии, эмбриологии, генетики, экологии, этологии, палеонтологии, эмбриологии, антропологии и др. (рис. 1).

Связи с другими науками. В XX веке наряду с дифференциацией происходит интеграция биологии с другими науками. В содержание биологии включаются элементы знаний физики, химии, географии, математики, кибернетики, синергетики. В итоге появились новые пограничные области биологии: бионика, биофизика, биохимия, молекулярная биология, биосферология, генная инженерия, биогеография и др. С их помощью изучаются физико-химические и молекулярные свойства живого, структура и самоорганизация живых систем (рис. 2).

Современная биология построена на основе интеграции знаний из различных областей науки. Это способствовало её интенсивному обогащению фактическим материалом, новыми закономерностями, законами, теориями. Так, путём интеграции знаний органической химии, биохимии, молекулярной биологии, генетики и цитологии установлены структура и свойства ДНК, сформулированы теории гена и хромосомной наследственности. На основе интеграции знаний биологии, экологии (биогеоценологии), кибернетики, ма-

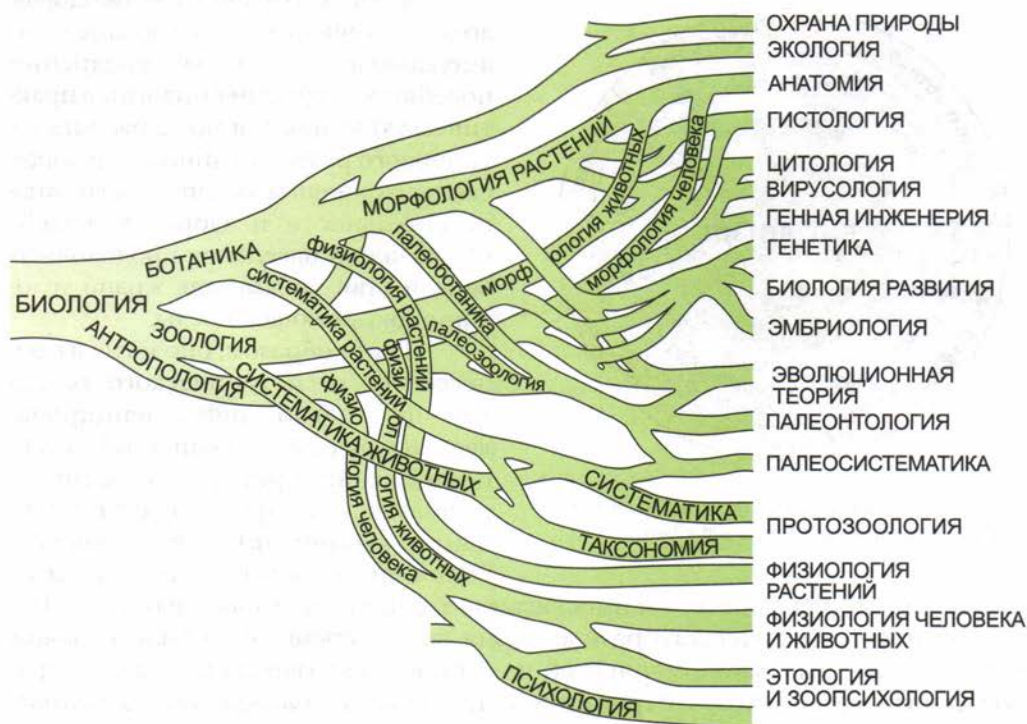


Рис. 1. Схема соотношения биологических наук

тематики, физики, синергетики открыты законы, присущие сложным природным комплексам — биосистемам и экосистемам. Подобных примеров много.

XX век для биологии как науки стал чрезвычайно плодотворным. Были раскрыты многие важнейшие свойства жизни: механизмы передачи наследственной информации и причины её изменчивости, саморегуляция и воспроизводство биосистем, фотосинтез, биосинтез, энергетический обмен, микроэволюция, антропогенез, законы существования биосферы, структурно-уровневая организация живой материи. Именно в XX веке биология перешла из описательных натурфилософских областей знания (как «естественная история») в разряд фундаментальных наук, заняв лидирующее место в естественнонаучной картине мира, формируя представления о сущности жизни, структуре живого, закономерностях функционирования природы и месте человека в ней, о развитии природы во взаимодействии с обществом и окружающей средой. Она стала объектом внимания людей самых различных специальностей. Знания биологии стали показателем общей культуры человека и общества.



Рис. 2. Схема соотношения биологии с некоторыми смежными науками

к появлению ряда новых взаимосвязанных специализированных наук. Исследование биологического разнообразия во все времена служило началом открытий важных закономерностей и законов существования живого мира. Эти достижения находят отражение в практике использования их человеком.

В новом тысячелетии биология должна решить весьма сложные, но актуальные проблемы: внедрение новейших открытий биологии в практическую жизнь для поддержания устойчивого развития природы и общества, сохранения безопасности жизнедеятельности и здоровья людей, обеспечения населения продовольствием и пригодными для жизни условиями окружающей среды.

Таким образом, биология в процессе своего исторического развития не только дифференцировалась на ряд специальных областей исследования природы, но и интегрировалась с другими естественными, гуманитарными и общественными науками, что привело

1. Что характеризует современную науку биологию?
2. Назовите задачи, которые должна решить биология в XXI веке.
3. Что изучает общая биология?

§ 2

Биологическое разнообразие как проблема науки биологии

Вспомните:

- когда и с какими видами живых организмов вы встречались в своей жизни;
- какие книги по биологии вы прочитали;
- какие разделы биологии вы изучали в предыдущих классах.

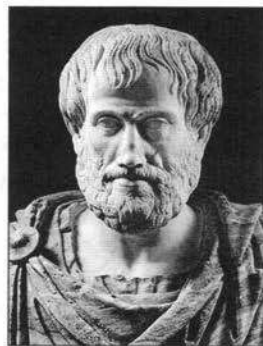
Изучение разнообразия форм живой материи является давней научной и практически значимой проблемой, исследуемой фактически с момента зарождения науки биологии.

Описательный период изучения видов. Развитие теоретических вопросов ботаники и зоологии в древние времена было тесно связано с философией античного мира. Занимаясь изучением растений или животных как части окружающей природы, философы Древней Греции пытались определить их сущность, то есть раскрыть причины наблюдаемых явлений и как-то систематизировать их. Многие из их представлений были «натурфилософскими догадками», нередко далёкими от истины. Например, Анаксагор (ок. 500–428 до н. э.) считал, что растения — это животные, имеющие корни в земле.

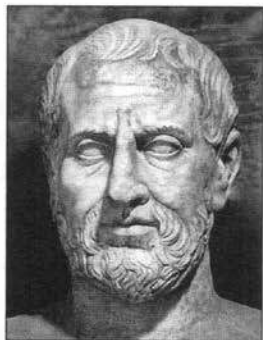
Великий учёный античного мира Аристотель (IV в. до н. э.), оставивший большое научное наследие (около 300 сочинений), наряду с изложением своих взглядов на общие вопросы строения, размножения животных и растений, функционирования их отдельных органов отмечал большое разнообразие организмов, преимущественно животных, по способам питания, размножения и местам обитания. Им была сделана первая сводка зоологических сведений того времени, в которой характеризовались многие (около 500) виды животных Средиземноморья, и создана первая система (классификация) животных, в силу чего его по праву называют «отцом зоологии».

Ученик Аристотеля Теофраст (III в. до н. э.) считается «отцом ботаники» — ботаники как самостоятельной науки. Наряду с описанием применения растений в хозяйстве и медицине он рассматривал вопросы теоретического характера (строение, физиологию растений, географическое распространение, влияние почвенных и климатических условий на их рост и развитие), сделал первую попытку систематизировать растения. В десятитомном труде «Естественная история растений» он называет около 500 различных видов. Всех их Теофраст классифицирует по жизненным формам: деревья, кустарники, полукустарники и травы, при этом уделяя большое внимание разнообразию трав, которые разделяет на группы: огородные овощи, декоративные, злаки и бобовые.

Многое в трактатах древних учёных в сравнении с нынешним уровнем знаний выглядит наивным и нередко ненаучным, поскольку в то время ещё не было высокой техники исследования, открытия делались путём умозрительного описания. Но в их трудах упомянуто и описано колоссальное количество представителей живого мира, даётся характеристика среды их обитания.



Аристотель (384–322 до н. э.), древнегреческий философ



Теофраст (371–286 до н. э.), древнегреческий философ

Например, Плиний Старший (23–79 н. э.) в своём труде «Естественная история» описывает около 1000 растений и классифицирует их по принципу хозяйственной значимости, называя следующие группы: злаки, овощи, плодовые, декоративные и медицинские. С I века н. э. и вплоть до эпохи Возрождения такой же широкой известностью и авторитетом, как и труд Плиния, у медиков и ботаников пользовалось фармакологическое сочинение грека Диоскорида (I в. н. э.) «Materia medica», в котором он описал около 600 растений, преимущественно с точки зрения их использования в медицине. В агрономических трудах римлянина Колумеллы (I в. н. э.) также упомянуто и описано много растений (более 400), при этом большинство из них относится к различным культурным сортам.

Примечательно, что во всех своих трудах учёные описывали преимущественно культурные формы растений, а дикорастущие рассматривались ими лишь в медицинских целях. В зоологических трактатах в основном излагались описания позвоночных и лишь немногих беспозвоночных животных, с которыми люди непосредственно соприкасались в своей жизни.

Несомненно, вклад древнегреческих учёных в становление биологии был особенно значимым, и именно их взгляды оказали наибольшее воздействие на мировоззрение учёных современной эпохи.

Таким образом, учёные-натурфилософы древности в своих трудах стремились перечислить и описать известные им виды растений и животных. Данный период исследования проблемы разнообразия живого мира в биологии характеризуется как *описательный и инвентаризационный*. Он длился, как свидетельствует история естествознания, очень долго — с древних времён и почти до конца XVIII века.

Начало систематизации видов. Накопившийся в науке фактический материал о разнообразии растений и животных привёл к необходимости его упорядочения, систематизации. Эта проблема биологии решалась на протяжении длительного периода времени начиная с XVII вплоть до середины XX века. XVIII век характеризуется как период *систематизации биологического разнообразия* и его классификации.

Великие географические открытия (начиная со второй половины XV века) обогатили биологию сведениями о совершенно новом, необычном, «заморском» мире животных и растений вновь открытых стран. В Европу было завезено множество новых полевых, овощных, плодовых и декоративных растений, которые начали возделываться и стали предметом торговли. Экзотические животные, привезённые путешественниками из отдалённых стран, наполняли музеи и зверинцы.

В начале XVI века итальянский учёный Лука Гини изобрёл способ сохранения растений путём их засушивания между листами бумаги, тем самым положив начало *гербаризации растений*. Это открытие, позволившее сохранять цветущие в различное время года растения в течение многих лет и срав-

нивать их виды из разных стран, стимулировало целый ряд исследовательских ботанических работ и создание крупных коллекций гербариев.

Началось активное изучение дикорастущей флоры и фауны. В Италии в конце XVI века создаются первые ботанические сады, и многие города соревнуются между собой в их устройстве и богатстве ассортимента выращиваемых растений. В России первый ботанический сад под названием «Аптекарский огород» был основан в 1714 году в Петербурге по указу Петра I.

Открытия, которые принесли с собой путешествия в отдалённые страны, вызвали интерес к образу жизни и повадкам экзотических животных, а проводимые исследования послужили базой для таких отраслей биологии, как экология, сравнительная морфология, физиология, этология, микробиология и цитология.

Так, в 1670 году Р. Бойль опубликовал результаты изучения влияния низкого атмосферного давления на различных животных. Знаменитый голландский микроскопист Антони ван Левенгук в 1674 году открыл мир одноклеточных организмов. В 1718 году Р. Брэдли отметил роль воробьиных птиц в истреблении вредных насекомых. Р. Реомюр в своём труде «Мемуары по естественной истории насекомых» (1742) опубликовал массу разносторонних сведений о насекомых. В 1749 году К. Линней в сочинении «Экономия природы» описал многообразие видов. Ж. Бюффон в 13-томном труде «Естественная история», изучая многообразие видов, накопленных в музеях с 1749 по 1769 год, отметил влияние среды на существование растений и животных.

Одновременно с описанием и коллекционированием различных представителей живого мира учёные делали попытки классифицировать виды растительного и животного царств.

Итальянский ботаник и мыслитель Андреа Цезальпино в конце XVI века создал первую в науке систему растительного царства. Основываясь на строении семян и плодов, он распределил известные ему 840 видов цветковых растений в 16 классах. Особые «системы» живого мира создавали многие учёные.

Наиболее известной была система шведского учёного К. Линнея, построенная им по внешним признакам животных и растений в 1735 году.

Например, систематизацию растений он осуществлял, основываясь на особенностях органов размножения растений (на числе, размерах и расположении тычинок и пестиков в цветке), а систематизацию животных — на строении конечностей, общей конфигурации тела, наружных покровов и пр. Система К. Линнея была общепринятой в естествознании XVIII — начала XIX века. Однако позже её признали искусственной,



Карл Линней (1707–1778), шведский естествоиспытатель

так как она не отражала родственных связей между видами, несмотря на то, что обозначила проблемы изменяемости видов и эволюции живого мира.

Система Линнея оказала большое влияние на развитие работ по исследованию многообразия видов и определила два разных направления в изучении живой природы. Большинство учеников и последователей Линнея, пользуясь его системой, продолжали собирать и описывать виды и роды растений и животных, не помышляя строить новые системы. Другие учёные пошли по пути создания естественных систем, направляя своё внимание на выяснение сходства признаков у видов, объединяемых в роды, отряды, классы, и родства (то есть филогенетических связей) между ними.

1. Назовите этапы изучения многообразия видов с доисторических времён до XIX века.
2. Какая классификация живого мира существовала в биологии до середины XX века?
3. Какое частное открытие позволило осуществлять подробные исследования растений?
4. На чём основана классификация видов в системе К. Линнея?

§ 3

Осознание ценности изучения биологических видов

Вспомните:

- этапы изучения многообразия видов;
- роль системы К. Линнея в науке биологии;
- значение систематизации видов растений и животных.



Антуан Лоран Жюссье (1748–1836), французский ботаник

Попытки создания естественных систем организмов. Неудовлетворительность искусственной системы способствовала стремлению натуралистов создать такую систему видов, в которой прослеживались бы их родственные связи.

При построении своих систем авторы обычно охватывали вниманием всё известное им количество различных видов живых организмов. По масштабам их исследований можно судить о том, каков был объём разнообразных видов в «поле зрения» науки биологии тех времён. Например, при построении первой «естественной системы» Бернар Жюссье в 1758 году описал 800 родов растений, а его племянник Антуан Жюссье, продолживший эту работу, в книге «Роды растений»

(1789) уже использовал сведения об огромном числе известных к тому времени видов (около 20 тыс.), разместив их на основе родового сходства в 100 семействах и 15 классах. В 1813 году швейцарский ботаник Огюст Пирам Декандоль создаёт новую систему растительного мира, включающую 75 тыс. видов. При этом он разделяет виды на группы двудольных, однодольных, сростнолепестных и раздельнолепестных растений. По мнению О.-П. Декандоля, названные группы показывают родственные отношения между видами на основе имеющихся признаков у растений.



Огюст Пирам Декандоль (1778–1841), швейцарский ботаник

Однако системы Жюссье и Декандоля не были естественными, поскольку в отражении родственных связей они не затрагивали вопросы происхождения видов.

Выявление родства у них сводилось лишь к установлению «общего плана строения». Лишь после опубликования труда Ч. Дарвина о происхождении видов в 1859 году, становления эволюционного учения и достижений генетики в XX веке оказалось возможным построение естественных систем живых организмов на основе филогенетических отношений растений, животных, грибов и бактерий.

На примере представителей животного мира, указанных в таблице 1, можно судить о колоссальном объёме биологических видов, изученных наукой биологией к середине XX века.

Таким образом, к середине XX века были осуществлены учёт и систематизация огромного количества изученных видов из различных царств живой природы, существующих на Земле. В общей сложности было учтено и изучено, включено в классификационные системы более 1,5 млн клеточных видов и около 200 неклеточных — вирусов.

Таблица 1

Число известных видов животных на разных этапах изучения их многообразия

Группы	Середина XVIII в. (в системе Линнея)	Вторая половина XVIII в.	Первая половина XIX в.	Конец XIX в.	Середина XX в.
Всего	4208	19 000	48 000	412 000	Около 1,5 млн
В том числе: класс Насекомые	2936	11 000	31 000	281 000	Около 1 млн
тип Хордовые	1222	4100	10 100	33 500	Около 43 000

Современное состояние учёта видов. Между тем оказалось, что не все ещё виды, живущие на Земле, обнаружены и изучены биологами. В XX веке в разных регионах планеты были найдены новые, неизвестные ранее науке виды животных и растений.

Так, в начале XX века в Африке было обнаружено крупное млекопитающее из семейства жирафовых — *окапи*, обитающее в тропических лесах бассейна реки Конго. В 30-х годах XX века на острове Комодо Малайского архипелага обнаружена самая крупная в мире ящерица — *варан комодский*, длина тела которого достигает 3 м. Во второй половине XX века в тропических лесах Амазонии были найдены новые виды карликовых мармозеток из семейства игрунковых (когтистых) высших широконосых обезьян. В 1938 году в Индийском океане около Коморских островов была добыта крупная рыба, считавшаяся вымершей, — *латимерия*, или *целакант*, из кистепёрых рыб. На Мадагаскаре описано несколько новых видов хамелеона, а в тропических лесах Южной Америки найдено большое количество неизвестных ранее видов насекомых и пауков. В 1938 году в соляноквых пустынях Казахстана найдена *селевения* (отряд грызунов), питающаяся насекомыми.

Обнаружено также много новых видов простейших, бактерий и грибов. Открыт вирус СПИДа. Все эти удивительные находки сделаны в XX веке, когда, казалось бы, уже всё живое население Земли изучено и учтено (рис. 3).

Наряду с проведением поисковых работ по обнаружению новых видов животных и растений учёные исследуют свойства дикорастущих растений, грибов и диких животных. Это изучение направлено, с одной стороны, на поиск видов, ценных для культивирования, решения проблем питания, медици-

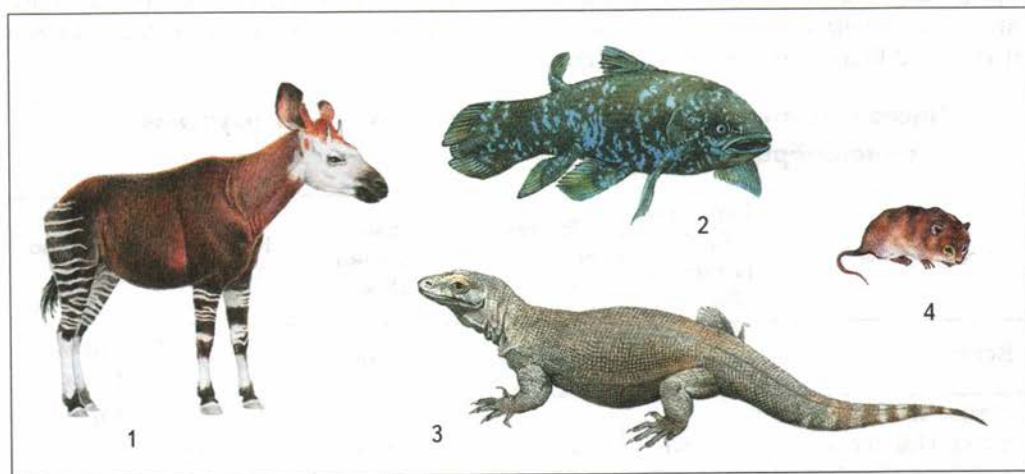


Рис. 3. Животные, обнаруженные в XX веке: 1 — окапи; 2 — латимерия; 3 — комодский варан; 4 — селевения

ны, селекции, для использования в промышленности, с другой стороны, для сохранения редких, исчезающих видов и природных сообществ.

При построении классификационных систем живых организмов учёные столкнулись также с тем фактом, что некогда уже известные формы животных и растений оказываются исчезнувшими с лица Земли, вымершими. Среди них, например, шерстистый носорог, вымерший 10 тыс. лет назад в результате охоты на него людей и изменения климата; три вида нелетающих птиц рода *дронт* (*додо*) из семейства голубеобразных, обитавших в лесах острова Маврикий, истреблённых в XVII веке; вид *странствующий голубь* в Северной Америке, полностью истреблённый человеком в конце XIX века; *сумчатый волк* в Тасмании, ещё изредка встречавшийся в 40-х годах XX века, но уже полностью истреблённый; *дикий бык*, или *тур*, вымерший в Европе в начале XVII века (рис. 4).

Осознание ценности многообразия видов. Изучение разнообразия видов живой природы стало особенно необходимым в конце XX века, когда исчезновение биологических видов с лица Земли стало чрезвычайно быстрым

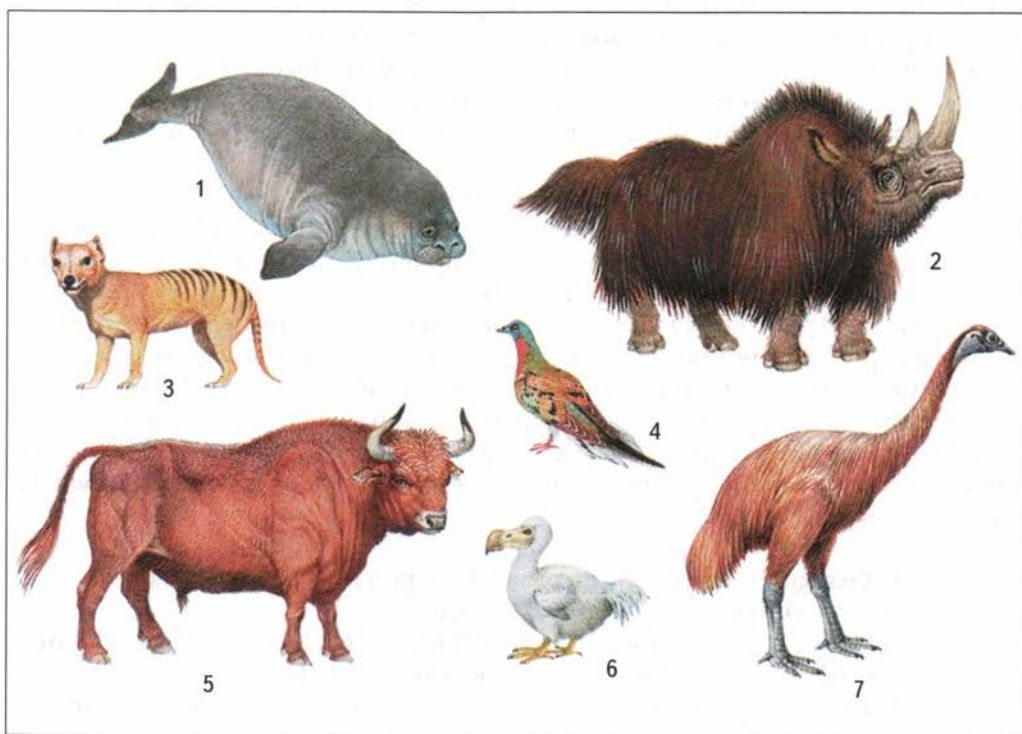


Рис. 4. Животные, вымершие к XX в.: 1 — стеллерова корова; 2 — шерстистый носорог; 3 — сумчатый волк; 4 — странствующий голубь; 5 — тур; 6 — дронт; 7 — гигантский динорнис

и массовым. Человечество столкнулось с проблемой, когда развитие благосостояния общества привело к массовому сокращению биологического разнообразия во всех регионах планеты. Вымирание многих видов произошло под влиянием деятельности человека, расточительно обращающегося с природным богатством. Человек не ценил и не защищал разнообразие биологических видов, не охранял места их обитания.

В этих условиях в биологии обозначился новый, *третий период* исследования проблемы разнообразия живого мира, который характеризуется как *осознание ценности биологического разнообразия, важного для устойчивого развития природы и общества на Земле*. В этом главная особенность современного изучения биологических видов.

Говорят, что человек защищает только то, что ему дорого, а дорого ему только то, что понятно. Поэтому наука биология в настоящее время выдвигает решение новой проблемы: не только изучать, систематизировать живые организмы и способствовать широкому использованию в народном хозяйстве всего богатства биологических видов, но и донести до сознания людей понимание ценности биологического разнообразия.

Формы биологического разнообразия. Биологическое разнообразие в настоящее время рассматривается в таких проявлениях:

- *видовое разнообразие*, называемое часто таксономическим или систематическим. Оно отражает родственный характер и богатство видов на Земле;
- *экологическое разнообразие*, отражающее различные формы живого в разных средах жизни и функциональное участие организмов в природе;
- *генетическое разнообразие*, природное и созданное человеком в форме культурной флоры и фауны;
- *структурное разнообразие*, отображающее природу в форме структурных уровней организации жизни: молекулярного, клеточного, организменного, популяционно-видового, биогеоценотического и биосферного.

Как мы видим, многообразие видов издавна является важной проблемой биологии. Описание видов, их классификация и осознание ценности биологического разнообразия — этапы развития многосторонних исследований в биологии.

1. Охарактеризуйте пути развития проблемы изучения биологического разнообразия в науке биологии.
2. Сколько известных вам местных видов растений, животных и грибов вы можете назвать? Составьте их список.
3. Какие охраняемые виды растений, животных и грибов своего края вы знаете? Вы встречали их в природе?
4. Как вы лично участвуете в мероприятиях по сохранению биологического разнообразия?

Вспомните:

- когда и с какими целями вы применяли в своей жизни знания из области биологии;
- какие книги по биологии вы прочитали;
- какие разделы биологии вы изучали в предыдущих классах.

Из истории практической биологии. Вся история становления и развития науки биологии показывает, что во все времена практическая (прикладная) часть знаний о живой природе, то есть «практическая биология», играла важную роль в жизни людей и природы. Особенно большое значение биология имеет для сельского, лесного, промыслового хозяйства и медицины.

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

Переход от сбора растений к примитивным формам их культивирования произошёл в обществе людей несколько позже — в конце каменного века и начале эпохи бронзы. Первоначальное культивирование растений, в частности посев хлебных злаков, стало 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. Земледелие и скотоводство способствовали переходу человека к оседлой жизни.

Первые культурные очаги человечества возникли в Передней Азии, Китае, Египте и Индии благодаря примитивному земледелию и скотоводству. Археологические находки в Палестине и Египте свидетельствуют о наличии земледелия на этих территориях в 10-м тысячелетии до н. э. Здесь люди сеяли пшеницу, ячмень, горох, чечевицу, разводили виноград, финиковую пальму и гранатник, маслины и мак, возделывали хлопчатник и лён. Льняные ткани древнего Египта славилась своим высоким качеством на протяжении нескольких веков.

Примеры прикладной биологии. Известно, что и в настоящее время все необходимые человеку для питания белки, углеводы, жиры, витамины, а также энергию он получает, главным образом, из культурных растений и от домашних животных. Знание биологических законов генетики и селекции, микробиологии, физиологии позволяло совершенствовать технологию выращивания биологической продукции, создавать более продуктивные сорта растений

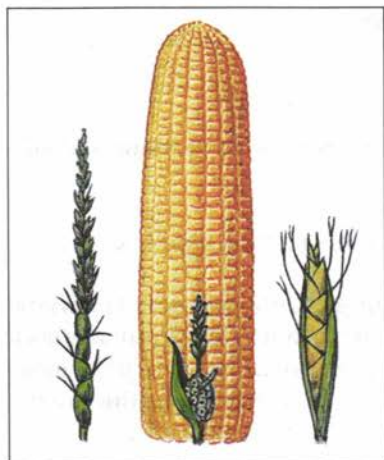


Рис. 5. Размер и форма початка кукурузы современного сорта в сравнении с початками кукурузы древних сортов, которую возделывали ацтеки в Центральной Америке

ный перенос особей и видов в какую-либо страну или область с новыми для них, непривычными природными условиями или на территорию, где они ранее обитали, но по каким-то обстоятельствам исчезли, и их приспособление к новой среде обитания. Последнее явление обычно называют *реакклиматизацией*. Человек часто специально внедряет некоторые виды из дикой природы в культуру. Так произошли культурные растения и домашние животные. Интродукция продолжается и в настоящее время.



Рис. 6. Облепиха

и породы животных. В итоге многие животные и растения, давно введённые в культуру, полностью изменили свой первоначальный облик, стали высокоустойчивыми к различным заболеваниям и более продуктивными. Например, у кукурузы древних сортов в початках содержалось лишь 45–48 мелких зёрен, тогда как в початке современной зубовидной кукурузы содержится около 1000 довольно крупных, плотно расположенных зёрен (рис. 5).

Интродукция. Благодаря знаниям из области биогеографии и экологии человечество пополняет разнообразие культурных растений и домашних животных новыми видами с помощью интродукции или акклиматизации. *Интродукция* (от лат. *introductio* — «введение») — это внедрение отдельных видов растений и животных в новые климатические или биогеоценотические условия. *Акклиматизация* (от лат. *ab* — «к», «при» и греч. *klima* — «климат») означает преднамеренный или случай-

Например, облепиха (*Hippophae*) — колючий кустарник с сочными костянковидными плодами, произрастающий по берегам рек и озёр в горах Тибета, Тянь-Шаня и Алтая, — около 30 лет назад была введена в культуру (рис. 6). В настоящее время облепиха выращивается на обрабатываемых землях новых для неё регионов, поскольку является ценным лекарственным растением. В любительских садах облепиху высаживают даже в северных районах России, например в Ленинградской области и Карелии. При этом уже созданы её разные сорта, в том числе и облепиха без колючек.

В последние 25–30 лет активно входит в ягодное садоводство сибирский кустарник жимолость съедобная (*Lonicera edulis*) с ароматными кисло-сладкими, сочными ягодами, богатыми витаминами. Селекционеры вывели её многочисленные сорта, различающиеся по вкусу ягод, их форме, по срокам созревания плодов и форме куста. Не так давно в культуру вошло лиановидное растение актинидия китайская (*Actinidia chinensis*), называемое обычно киви, в диком виде произрастающее в лесах Юго-Восточной Азии. Теперь оно выращивается на Кавказе, в Крыму, в садах Германии и других стран Европы и Америки. В Новой Зеландии существуют крупные плантации киви, плоды которой служат предметом экспорта во многие страны, в том числе и в нашу.

Среди животных в 80-е годы XX века на птицефермах началось активное разведение перепела японского как яйценосной и мясной породы. В качестве декоративной комнатной птицы самцы японского перепела издавна разводились жителями Японии, Китая и Средней Азии. Однако в производственных целях — для получения яиц, а позднее и мяса — перепел стал использоваться лишь с конца XX века.

Биотехнология и генетическая инженерия. В последние годы развитие генетической (генной) инженерии обеспечивает широкие возможности использования живых организмов в производстве необходимых лекарственных средств, например таких, как инсулин, гормон роста, интерферон и пр. Промышленное использование организмов, особенно микроорганизмов, стало особой практической областью биологии, получившей название *биотехнология*.

Биотехнология, теоретическую основу которой составляет биология, а практическую — генетическая инженерия, является новым и важным направлением в развитии материального производства. Она оказывает влияние на решение глобальных проблем, таких, как производство пищи и лекарств, выявление новых источников энергии, сохранение окружающей среды.

Современная биотехнология характеризуется многообразием направлений практического применения. В народном хозяйстве широко используются методы биологической очистки сточных вод, биологической защиты растений от вредителей и болезней, микробиологического синтеза кормовых добавок (белков, аминокислот) и биологически активных веществ (антибиотиков, ферментов, гормональных препаратов), генетической (использование рекомбинантной ДНК для получения человеческого инсулина — хумулина) и клеточной (выращивание из одной клетки новых форм растений, обладающих полезными признаками и устойчивых к неблагоприятным условиям внешней среды и болезням, например картофеля, садовой земляники, женьшеня и др.) инженерии.

Бионика (от греч. *bion* — «элемент жизни», «живущий») — это новое направление, основанное на использовании знаний из области биологии в технике для решения инженерных задач и создания более совершенных технических устройств, принципиально новых машин и аппаратов. Бионика занимается изу-

чением аналогий в живой и неживой природе, то есть принципов построения и функционирования различных биосистем или их элементов для последующего применения полученных знаний в народном хозяйстве и коренного усовершенствования технических конструкций. В решении задач бионики вместе с биологами принимают участие физики, химики, математики, кибернетики, архитекторы и инженеры различных специальностей.



Рис. 7. Дырчатые конструкции в живой природе и в технике

Многие животные используют эхо для ориентации в пространстве и для добычи пищи. Например, дятел отыскивает внутри ствола личинки жуков-короедов, ночная сова сипуха добывает пищу в полной темноте, летучие мыши и южноамериканская птица гуахаро, живущие в пещерах, во время ночной охоты издают щелчки и по отражённой звуковой волне определяют окружающие предметы и расстояние до них. Этот способ ориентации живых организмов в пространстве лёг в основу создания радаров, с помощью которых определяют местонахождение объекта, направление и скорость его движения.

Дырчатые конструкции известковых скелетов глубоководных морских кишечнополостных животных послужили идеей для создания Эйфелевой башни. Подобных примеров заимствования секретов у природы великое множество (рис. 7).

Изучение гидродинамических особенностей водных животных было использовано при проектировании кораблей: обтекаемая форма современных подводных лодок, покрытие их корпусов искусственной «дельфиньей кожей» (ломинфло). Архитекторы в своём творчестве очень часто используют полезные приспособления живых организмов при проектировании формы и расположения опорных элементов в конструируемых объектах. Так, бутон цветка послужил прототипом крупномасштабных строений без опорных крыш — некоторых выставочных павильонов (в Челябинске, Ереване), купола цирка в Казани.

Роль практической биологии в научных обобщениях. Знание свойств некоторых растений и животных с давних пор использовалось в лечебных целях. В далёкое прошлое уходят связи биологического знания с медициной. Многие врачи прошлого были одновременно и выдающимися биологами. Среди них — Гиппократ (460–377 до н. э.), Клавдий Гален (129–201), Авиценна (980–1037), Андреас Везалий (1514–1564) и др.

Даже первоначальные сведения о строении человеческого организма служили хорошей основой для развития практической медицины, а накопленные фактические материалы о многообразии растений, животных, бактерий и грибов помогли сформулировать ряд важнейших теоретических положений: о свойствах живых организмов, системе органического мира, его эволюции, структурных уровнях сложных биосистем, закономерностях наследования и пр.

Все эти обобщения в виде идей, теорий, выявленных закономерностей, в свою очередь, обогащали практическую часть биологии. Например, появление клеточной теории помогло раскрыть причины многих патологических процессов. Исследования и открытия в области физиологии, микробиологии, иммунологии позволили выявить защитные реакции организма и найти способы предупреждения инфекционных заболеваний. Работы генетиков, посвящённые проявлению действия генов у человека, выявили причины наследственных заболеваний. В настоящее время данные цитологии, анатомии, физиологии и биохимии, общей и молекулярной генетики, экологии, микробиологии, вирусологии служат теоретическим фундаментом для диагностики, лечения и профилактики многих болезней, в том числе и некоторых наследственных недугов человека.

Знание биологических закономерностей лежит в основе сохранения и поддержания здоровья человека, и медицина постоянно использует его в своей практике. Материалы, накопленные наукой о клетке и внутриклеточных процессах, произвели многочисленные обновления в практической медицине. Теперь многие заболевания вылечиваются лекарственными средствами, действующими на организм больного на внутриклеточном, клеточном и тканевом уровнях.

Развитие биологических знаний, произошедшее в XX веке, их возросшая практическая роль в жизни общества свидетельствуют, что биология становится реальной производительной силой и основой рациональных отношений между человеком и природой. Знания биологии являются условием существования и устойчивого развития человечества и всей природы в целом.

Человечество уже вошло в XXI век. В нём биология будет развиваться особенно активно в направлении расширения прикладных разработок, внедрения фундаментальных достижений биологической науки в практику с целью обеспечения устойчивого развития природы и общества, осуществления мероприятий по предотвращению природных катаклизмов и сохранению здоровья человека.

1. Приведите пример использования знаний биологии в целях охраны окружающей среды.
2. Какая разница между понятиями «акклиматизация» и «интродукция»?

3. Проверьте себя. Сможете ли вы найти среди растущих трав лекарственные растения: подорожник большой, мать-и-мачеху и ромашку аптечную, зверобой продырявленный и тысячелистник обыкновенный?
4. Закончите фразу: «Благодаря знанию основ биологии я могу...»

Подведите итог.

Что вы узнали из материала главы 1

«Биология как наука и её прикладное значение»?

Тренируемся

1. Что выражает понятие «биологическое разнообразие»?
2. Охарактеризуйте роль биологического разнообразия в природе.
3. Охарактеризуйте значение биологического разнообразия для человека.
4. Какие биологические науки вам известны?
5. Какие вы знаете профессии, базирующиеся на знаниях биологии?
6. Что особенное характеризует современную биологию?
7. Какие области практической жизни человечества связаны с наукой биологией?
8. Каким путём шло развитие проблемы изучения биологического разнообразия в биологии?
9. Назовите основное отличие естественной классификационной системы организмов от искусственной.

Выскажите своё мнение

1. Происходит ли в настоящее время увеличение биологического разнообразия на Земле?
2. Всё живое имеет ценностные свойства, среди которых можно выделить практические, эстетические, познавательные, экономические, определяемые словом «польза». Нужно ли охранять виды, не приносящие человеку непосредственную пользу?
3. Зачем человеку нужно знание биологии?

Проведите наблюдение и установите

Задание 1. Пронаблюдайте за поведением серой вороны на улице. Охарактеризуйте её повадки в дневнике наблюдений (укажите дату, время, место наблюдений и характер погоды).

Задание 2. Пронаблюдайте за ходом осенних изменений у растений (осенней окраской листьев, листопадом, рассеиванием плодов и семян и др.) около вашего дома и опишите их в дневнике наблюдений.

Обсудите проблему

Почему у человечества возникла необходимость в классификации живых организмов?

Моя позиция

Сохранение биологического разнообразия — насущная проблема человечества.

Узнайте больше

Какие учёные стали лауреатами Нобелевской премии в области физиологии и медицины за последние 10 лет?

Темы самостоятельных исследований

1. Исследование разнообразия видов растений близлежащего парка (или водоёма).
2. Исследование разнообразия видов птиц в городе (в парке, в сельской местности, у водоёмов).

Темы рефератов

1. Использование биоразнообразия на службе человека.
2. Биологическое разнообразие как проблема этического и эстетического миропонимания.
3. Биология и медицина.
4. Биология и сельское хозяйство.
5. Биология и охрана природы.

Основные понятия темы

Биология, систематика, интродукция, акклиматизация, биотехнология, генетическая инженерия, бионика, ценность биологического разнообразия.

Вспомните:

- важнейшие свойства живых организмов;
- многообразие форм жизни;
- известные вам живые организмы.

Основные признаки живого. Традиционно свойства живого рассматриваются на примере таких живых систем, как организм. Данный подход правомерен, поскольку организм является основной единицей живого мира.

Жизнь на нашей планете представлена великим множеством разнообразных организмов. Некоторые из них состоят всего лишь из одной клетки, а самые сложные включают в себя миллиарды клеток. Хотя живые организмы, обитающие на Земле, очень разнообразны, все они характеризуются целым рядом общих признаков. Эти свойства, присущие всем организмам, называются *универсальными*. Совокупность всех этих универсальных свойств характерна только для живого. Именно по совокупному комплексу универсальных свойств можно отличить живую природу от неживой. Рассмотрим некоторые из универсальных признаков живого.



Совокупность универсальных свойств живого присуща всем живым организмам и другим биосистемам.

Единство химического состава. Все живые организмы состоят из тех же химических элементов, что и неживая природа, однако их соотношение различно. В живых системах около 98 % химического состава приходится на долю четырёх химических элементов: углерода, кислорода, азота и водорода, а в общей массе веществ тела основную долю составляет вода (не менее 70–85 %) (табл. 2).

Таблица 2

Соотношение наиболее распространённых химических элементов в земной коре и в живом веществе (в %)
(+ — присутствует менее 0,3 %)

Элементы	Земная кора	Живое вещество
Кислород	45–47	65–75
Железо	4,6–5,7	0,01–0,10

Элементы	Земная кора	Живое вещество
Магний	1,9–2,4	0,01–0,10
Сера	+	0,1–1,0
Кальций	2,9–4,3	0,1–1,0
Алюминий	8,0–8,1	+
Натрий	2,3–2,8	0,01–0,10
Фосфор	0,1	0,1–1,0
Калий	1,9–2,6	0,1–1,0
Углерод	+	15–18
Водород	0,01	8–10
Азот	+	1,5–3,0
Всего	99,2	99,9

Обмен веществ и энергии. Обмен веществ — это совокупность химических реакций, обеспечивающих поступление веществ в клетку (организм), их превращение и выведение продуктов обмена. Этот процесс реализует связь организма с внешней средой, что является условием для поддержания его жизнедеятельности. Из среды организм извлекает, преобразует и использует химические вещества, энергию и возвращает в биосферу продукты распада и преобразованную энергию. Обмен веществ и энергии обеспечивает постоянство внутренней среды организма, ведёт к восстановлению разрушенных структур, росту, развитию организма, поддержанию его высокоупорядоченного строения и жизнедеятельности.



Обмен веществ с окружающей средой — одно из главных, универсальных свойств живой природы.

Способность к росту и развитию. Рост — это увеличение массы и размеров организма и его отдельных органов за счёт приращения массы и числа клеток. Развитие — это необратимый, закономерно направленный процесс тесно взаимосвязанных количественных (рост) и качественных изменений организма с момента рождения до смерти. Различают *индивидуальное* развитие организмов или *онтогенез* (от греч. *ontos* — «сущее» и *genesis* — «происхождение») и *историческое* развитие — *эволюцию* органического мира.



Способность к развитию проявляется у единичных организмов в росте и онтогенезе, а у всего живого мира — в эволюции.

Самовоспроизведение (размножение) — это важнейшее свойство живого, суть которого образно выразил Луи Пастер: «Всё живое происходит только от живого». Жизнь, однажды возникнув путём длительной эволюции, с тех пор даёт начало только живому. В основе этого свойства лежит уникальная способность к самовоспроизведению основных «управляющих» систем организма: ДНК, хромосом и генов. В этой связи *наследственность*, как и размножение (самовоспроизведение), является уникальным свойством только живых существ.

Раздражимость — это специфические ответные реакции организмов на изменения окружающей среды. Реагируя на воздействие факторов среды той или иной активной реакцией раздражимости, организмы взаимодействуют со средой и приспосабливаются к ней, что помогает им выжить. Одним из важнейших проявлений раздражимости является *подвижность* (рис. 8). Например, повышение температуры тела и активное перемещение земноводных при добывании пищи наблюдаются при повышении температуры внешней среды, у растений и грибов ориентированные ростовые движения усиливаются в сторону благоприятных условий питания и пр.

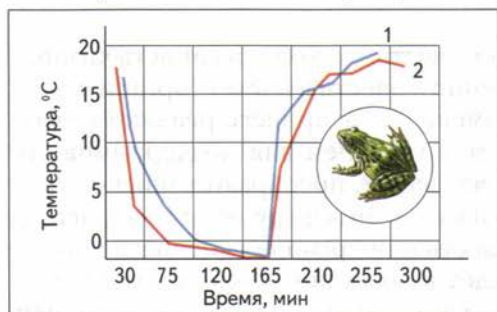


Рис. 8. Влияние температуры воздуха (1) на температуру тела лягушки *Rana temporaria* (2)

Энергозависимость. Все организмы нуждаются в энергии для осуществления процессов жизнедеятельности, для движения, поддержания своей упорядоченности, размножения. В большинстве случаев организмы используют для этого энергию Солнца, одни непосредственно — это *автотрофы* (зелёные растения и цианобактерии), другие опосредованно, в виде органических веществ потребляемой пищи — это *гетеротрофы* (животные, грибы, бактерии).

Дискретность (от лат. *discretus* — «разделённый», «обособленный») организмов — универсальное свойство живой природы. Организмы в природе всегда существуют в сообществах, но все они относительно обособлены друг от друга и являются хорошо различаемыми между собой отдельными особями, имеющими конечные размеры и индивидуальную длительность жизни. Все живые объекты, независимо от их уровня организации, будь то клетки, организмы или популяции, биогеоценозы, представлены в природе конкретными живыми единицами, отделёнными друг от друга. Так, любой организм состоит из клеток с их особыми свойствами. При этом все клетки отделены друг от друга оболочками, а в клетках также дискретно представлены органоиды и другие внутриклеточные структуры (ДНК, РНК, ферменты, белковые молекулы и пр.).

Системный характер жизни. Вся совокупность клеток, тканей и органов, имеющих в организме и тесно взаимодействующих между собой, проявляет себя как нечто единое целое по отношению к другим объектам и внешним условиям.

Упорядоченность — это важнейшее свойство организма, которое проявляется в его строении и функциях, протекании всех процессов его жизнедеятельности и поведении. В ходе длительной эволюции клетки живых организмов и сами организмы выработали механизмы регуляции процессов жизнедеятельности, способность поддерживать постоянство внутренней среды и сохранять целостность свойств в меняющихся условиях внешней среды. Упорядоченным образом, например, осуществляется обмен веществ, рост и развитие организмов, деление клеток, передача наследственных свойств, биосинтез, фотосинтез. Огромное значение при этом имеют нуклеиновые кислоты и ферменты.

Ритмологичность в проявлении свойств живых организмов. Всё живое характеризуется свойством *ритмологичности* в проявлении процессов жизнедеятельности в зависимости от суточных и сезонных ритмов, от динамики изменений погодно-климатических и приливо-отливных условий на Земле.

Специфичность взаимоотношений со средой. Организмы живут в условиях определённой среды. Поэтому они взаимодействуют не только между собой, но и со средой, из которой получают всё необходимое для жизни. Распространение живых существ обычно ограничивается рядом абиотических и биотических факторов (свет, температура, пища, вода, наличие хищников, паразитов). Поэтому они стремятся создать себе более благоприятные условия жизни (роют норы, строят гнёзда, делают запруды, создают затенение, удерживают влагу в почве и пр.).

Все эти свойства в их совокупности характерны только для живой природы. Это позволяет чётко отделить живое от неживого мира.

Жизнь — это особая форма движения материи, выражающаяся в совокупном взаимодействии универсальных свойств организмов.

Следует отметить ещё одно фундаментальное свойство жизни — её *уникальность*. Уникальность жизни заключается в том, что она возникла на Земле в результате длительных геохимических превращений (этап химической

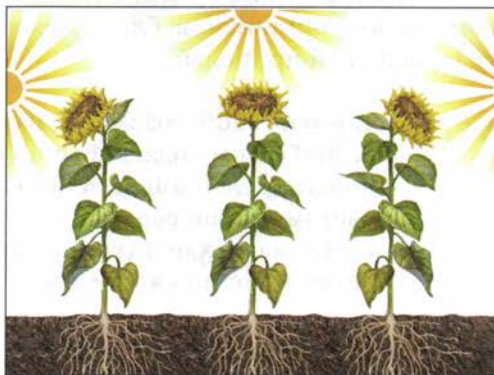


Рис. 9. Суточный ритм движений подсолнечника (фототропизм)

эволюции в истории Земли). 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 живых форм, приспособленных к среде обитания.

В истории науки биологии изучение многообразия форм жизни с давних пор и по настоящее время является важной научной проблемой.

Все живые существа обладают такими свойствами, как обмен веществ, раздражимость, подвижность, рост, развитие, самовоспроизведение, упорядоченность в структуре и функциях, целостность и дискретность, энергозависимость от внешней среды. Эти свойства являются универсальным комплексом для всех организмов, благодаря которому живая природа чётко отличается от неживой природы.

1. Какие свойства жизни называют универсальными?
2. Любой карандаш обычно состоит из графитового стержня и обложки, сделанной из дерева. В чём сходство и различие между этими частями карандаша?
3. Назовите характеристики, присутствующие в современном определении понятия «жизнь».

§ 6

Определение понятия «жизнь»

Вспомните:

- историю развития биологии как науки;
- многообразие жизни на Земле;
- общие свойства растений, животных и человека.

Первоначальные представления о жизни. Жизнь как природное явление очень сложна. Требуется многостороннее раскрытие свойств живой природы, чтобы понять её возможности и тенденции развития, многообразие её проявлений. Многие учёные в разные времена пытались охарактеризовать свойства жизни и сформулировать определение понятия «жизнь». В связи с этим известен целый ряд концепций и подходов, выдвигаемых биологами и философами (см. § 2) со времён античного мира. В конце XVIII века французские учёные-материалисты и философы, составители и авторы «Энциклопедии, или Толкового словаря наук, искусств и ремёсел» (1751–1780), в числе которых были Д. Дидро, Ж.-Ж. Руссо, Ф.-М. Вольтер, Ж.-Б. Бюффон, К. Гельвеций и другие, характеризовали понятие «жизнь» как состояние, противоположное смерти. Такое определение фактически ничего не сообщало о свойствах жизни и её особенностях.

Самое первое, приемлемое с позиций науки определение жизни дал немецкий философ Фридрих Энгельс (1820–1895). В 1883 году в статье, вошедшей затем в его книгу «Диалектика природы», он говорит о жизни как форме движения материи, возникшей на определённой ступени развития неорганической природы. В том же труде, исходя из специфики процессов жизни, он приводит её определение: «Жизнь — это способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой. Причём с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка». Это определение долгое время считалось классическим, поскольку предполагало важнейшую и первоначальную роль белка в появлении первых форм жизни.



Фридрих Энгельс (1820–1895), немецкий мыслитель и общественный деятель

Современные представления о жизни. С выяснением роли нуклеиновых кислот, которые оказались универсальным субстратом жизни (благодаря их способности хранить и передавать информацию о собственной структуре и структуре белков), они были включены в определение понятия жизни наряду с белками.

Считается доказанным, что живая материя произошла из химических элементов неживой оболочки Земли в процессе длительного исторического развития. Основным проявлением свойств живой материи является жизнь, и она выражается в большом разнообразии видов и форм. Процесс появления живых клеток в результате химической эволюции на Земле называют биопозом. Этот термин ввёл в 1947 году английский физик Джон Бернал (1901–1971), который сформулировал определение жизни следующим образом: «Жизнь — это особое проявление живой материи, возникшее в ходе биопоза».

К пониманию сущности жизни наука подходит только сейчас, хотя попытки найти границу между живым и неживым предпринимались давно. Именно в конце XX века стало возможным объединить факты, накопленные в экспериментах, с теоретическими разработками в астрономии, физике, кибернетике, геологии, биологии, химии и социологии.

Некоторое физико-химическое уточнение об уникальных особенностях жизни даёт открытие изомерии в свойствах полимерных молекул и признание так называемой *хиральной чистоты жизни*, основанной на том, что природные молекулы сахаров всегда являются правовращающими изомерами, а молекулы аминокислот — левовращающими. Французский микробиолог и химик Луи Пастер, открывший в XIX веке оптическую изомерию химических соединений, считал явление хиральности (хиральной чистоты) важнейшим из свойств жизни.

Хиральностью (от греч. *cheir* — «рука») называют способность молекул существовать в двух зеркально противоположных формах — в виде оптических стереоизомеров. Хиральная способность молекул органических веществ обычно определяется наличием так называемого асимметричного атома углерода, обозначаемого как C^* . В насыщенных соединениях его четыре валентных связи располагаются под тетраэдрическими углами друг к другу, благодаря чему сходные по химическому составу молекулы имеют разное пространственное строение. Свойство хиральности является необходимым условием оптической активности молекул, проявляющейся в способности вращать плоскость поляризации света вправо или влево. На рисунке 10 схематически изображены правая (D, от лат. *dextrum* — «правая») и левая (L, от лат. *laevus* — «левая») формы аминокислот.

Известно, что независимо от происхождения и функционирования все разнообразные белки в своих полимерных молекулах содержат аминокислоты *только левой конфигурации* (L-форма) (кроме глицина). Тогда как важнейший для жизни второй тип биополимеров — нуклеиновые кислоты в своей молекуле содержат нуклеотиды, в состав которых входят *сахара с правой хиральной структурой* (D-форма). Других вариантов нет, отсюда возникло название — *хиральная чистота живой материи*, обозначающее, что во всех формах жизни все без исключения белки и их производные соединения содержат только «левые» аминокислоты, а нуклеиновые кислоты — только «правые» сахара. Такая фиксация одной определённой конфи-

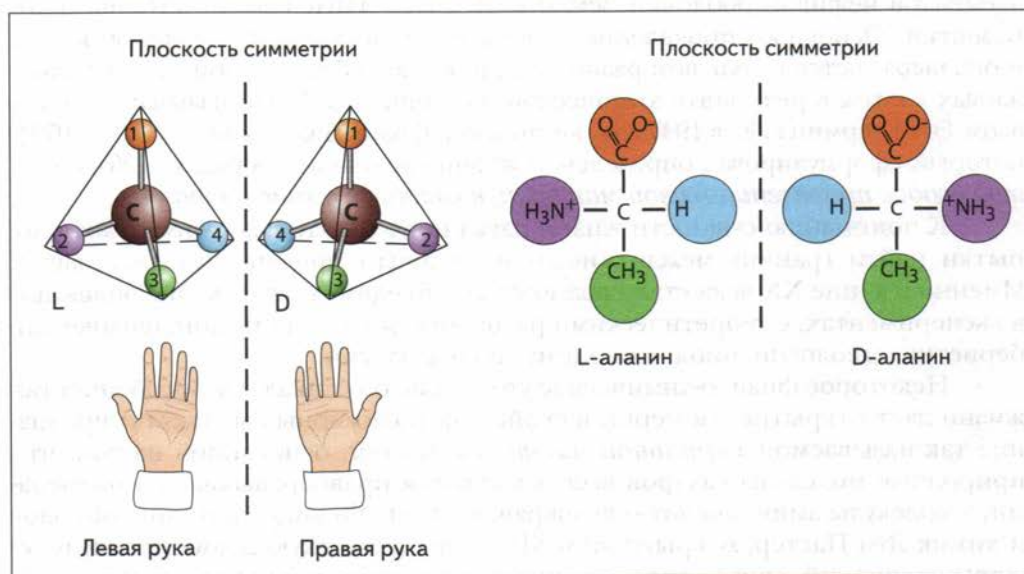


Рис. 10. Конфигурация изомеров аминокислот: L — левая; D — правая

гурации всех важнейших биологических молекул в организмах произошла в результате естественного отбора.

Примеры определений понятия «жизнь». В настоящее время известно несколько десятков определений жизни. Например, один философ пишет: «Жизнь — это особая форма движения материи, способная к самовоспроизведению», а другой перечисляет свойства живой материи: «Жизнь — это прежде всего обмен веществ с окружающей средой, в ходе которого организм как открытая система получает извне вещества, служащие строительным материалом, обеспечивающим его рост и развитие, а также образование дочерних организмов в процессе размножения, и снабжающие его энергией».

В содержании определений понятия «жизнь» всегда отражается уровень достижений естественнонаучных знаний о живой материи. Например, в середине XX века, когда уже были открыты материальные основы наследственности, а развитие теории систем и кибернетики (науки о процессах и управлении в системах) создали основу для рассмотрения жизни как особых биосистем, в понятии «жизнь» отмечаются признаки, характеризующие те или иные её биосистемные свойства и зависимости. Так, отечественный биохимик М.В. Волькенштейн пишет: *«Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров белков и нуклеиновых кислот».*

Иначе определяет понятие жизни биолог-эволюционист Б.М. Медников. Он подчёркивает важность активности жизни, потому отмечает, что *«Жизнь — это активное свойство живой материи, идущее с затратой энергии на поддержание и воспроизведение специфической структуры».* Биолог А.В. Присный считает, что жизнь — это информационное свойство материи в космосе и специфичность её проявления на Земле. Он пишет: *«Жизнь есть расширенное воспроизводство информации в отдельных материальных системах. Специфика земной формы жизни состоит в том, что она развивается преимущественно на основе одного вида материи — живого вещества, которое пока известно только на нашей планете».*

Планетарный характер жизни отмечают многие авторы.

В последнее время всё чаще в определениях понятия «жизнь» отмечается её системный характер, иерархичность живых систем и их экологические свойства (взаимодействие биосистем с окружающей средой), подчёркивается её уникальность и исключительно большое разнообразие проявления её форм.

По современным представлениям вся живая материя существует в форме живых систем — *биосистем*. Биологическими системами являются: организмы, их структурные единицы — клетки и молекулы, а также виды, популяции, биогеоценозы и самая большая, глобальная биосистема — биосфера.

В этих биосистемах, разных по степени сложности и качеству, проявляется жизнь.

С учётом современных представлений определение понятия «жизнь» можно сформулировать следующим образом: *жизнь — это особая форма движения материи, построенная на основе белков, нуклеиновых кислот и поглощения энергии, представленная в виде живых систем разных уровней сложности (от молекулярного до биосферного).*

1. Что такое биопозэ?
2. Почему учёные вновь и вновь уточняют понятие «жизнь»?
3. Какие характеристики жизни присутствуют в современных определениях понятия «жизнь»?
4. Прав ли Л. Пастер, считая, что хиральная чистота — важнейшее свойство жизни?
5. Предложите собственное определение понятия «жизнь».

§ 7

Общие свойства живых систем — биосистем

Вспомните:

- основные признаки жизни;
- особенности естественной системы живых организмов;
- что такое биосистема.

Биосистемы как структурные единицы живого. По современным представлениям живая материя существует в форме *живых систем — биосистем*. Системой обычно называют целостное образование, созданное множеством закономерно связанных друг с другом элементов, выполняющих особые функции и обеспечивающих её единство. Такое единство составных частей (элементов), связанных взаимодействием в единое целое, называют системой (от греч. *systema* — «составленное из частей», «соединённое»). По определению автора общей теории систем Людвиг фон Берталанфи, *«система есть комплекс взаимодействующих элементов, а взаимосвязь между элементами представляет структуру системы»*. Системность и структурность — это неотъемлемые свойства материи.

Поскольку речь идёт о тесном взаимодействии составных частей (элементов) живого объекта, то его проявляющуюся целостность следует рассматривать как *живую, или биологическую, систему — биосистему* (от греч. *bios* — «жизнь» и «система»).

Как особые типы биосистем выступают клетки, организмы, а также виды, биогеоценозы и самая большая, глобальная — биосфера. Все они выра-

жают многообразие форм жизни и являются особыми единицами живой материи, отражающими специфику процессов и явлений жизни на Земле. В этих разнокачественных биосистемах проявляется жизнь. Жизнь возникает и протекает в виде целостных биосистем. Однако всем биосистемам свойственны рост и развитие, динамическая устойчивость, тогда как системам неживой природы — статичность и деградация.

Все биосистемы являются *дискретными*, то есть прерывистыми в пространстве и во времени, обособленными друг от друга, имеющими свои границы, конечные размеры, особую длительность существования и определённые признаки, отражающие их специфичность.

Любая биосистема (будь то клетка или организм, биогеоценоз или биосфера) представляет собой *внутренне упорядоченное множество* взаимосвязанных элементов (компонентов).

Взаимосвязи (отношения) элементов в системе отображают её *структуру*. Она может быть простой или сложной. Чем больше элементов в системе и чем сложнее связи между ними, тем сложнее её структура. Например, биосистема «организм» обладает более сложной структурой, чем биосистема «клетка», поскольку состоит из множества взаимодействующих элементов, среди которых различные клетки, ткани, органы, системы органов. Компонентами биосистемы «вид» являются популяции, «биогеоценоз» — живое население и условия абиотической среды, а компонентами биосферы — биогеоценозы. Наименьшими и простыми являются молекулярные и клеточные биосистемы, более сложными — биогеоценозы и особенно биосфера. Но все биосистемы характеризуются целостностью, сложной определённой структурой, дискретностью, способностью к длительному самоподдержанию и устойчивостью во взаимосвязи с окружающей средой.

Любая система, в том числе биосистема, существует, пока взаимодействуют её компоненты. Она не только зависит от своих компонентов, но и определяет их существование. Например, организм зависит от взаимодействия его клеток, но и сам воздействует на них (обеспечивает веществами и энергией, координирует их общую работу).

Особенности природных биосистем. Каждая биосистема обладает определённой *информацией*. Информация в биологии понимается как сведения об окружающем мире и протекающих в нём процессах, воспринимаемые биосистемой. Любой отклик в системе проявляется как обратная связь. Это важное свойство природной системы (рис. 11).

Другая особенность биосистем состоит в том, что они — *открытые системы*. Для них характерен обмен веществом, энергией с окружающей средой, а у закрытых систем такой обмен отсутствует.

Все природные системы являются открытыми, так как они постоянно обмениваются с окружающей средой веществом, энергией и информацией.



Рис. 11. Растительный организм как биосистема, характеризующая взаимодействие органов, тканей и клеток растения

Например, организмы (или другие биосистемы) из внешней среды поглощают необходимые им для жизнедеятельности минеральные или органические вещества и энергию. Значительная часть их в биосистеме расходуется (на организацию энергетических потоков, поддержание устойчивости, на реализацию биохимических процессов и воспроизводство элементов системы), а часть уходит в окружающую среду в виде тепла и отработанных ненужных веществ.

Следует отметить способность биосистем к самосохранению (самоподдержанию), то есть свойство сохранять своё существование в пределах определённого, но конечного срока. Это свойство обеспечивается непрерывным процессом обновления большинства элементов биосистемы. Таким путём биосистема поддерживает своё длительное, хотя и конечное существование. Например, у многоклеточных организмов в тканях и органах идёт постоянная замена отживших клеток, благодаря чему организм как живая система

существует значительно дольше своих структурных элементов — клеток.

Подсчитано, что обновление всего клеточного состава у человека происходит примерно каждые семь лет. Клетки многих его органов обновляются достаточно часто. Например, клетки печени живут не более 18 месяцев, эритроциты — 4 месяца, а клетки эпителия тонкого кишечника — только 1–2 дня. Нервные клетки, существующие на протяжении всей жизни человека, характеризуются регулярным обновлением внутриклеточного вещества.

Саморегуляция — ещё одно фундаментальное и универсальное свойство живых систем, проявляющееся, с одной стороны, как способность биосистемы к активной реакции, ответу на внешнее воздействие, с другой — как способность поддерживать неизменным постоянство своего внутреннего и внешнего состояния в определённых пределах. То и другое обеспечивает её устойчивость. Чем сложнее структура биосистемы, тем она устойчивее к воздействию окружающей среды.

Способность биосистемы к саморегуляции, сохранению её устойчивости и стабильности, называют *гомеостазом*, или динамическим равновесием системы. Гомеостаз (от греч. *homoios* — «подобный», «одинаковый» и *stasis* — «неподвижность», «состояние») — это способность биосистемы противостоять изменениям (наружным и внутренним) и сохранять динамическое равновесие своих состава и свойств, то есть поддерживать устойчивое состояние. Например, гомеостаз биосистемы «биогеоценоз» поддерживается благо-

даря постоянству видового состава и численности особей в нём. Гомеостаз любой биосистемы направлен на максимальное ограничение её зависимости от внешних и внутренних сил, на сохранение относительного постоянства её структур и функций. Если какая-то функция в биосистеме выполняется не одним, а несколькими компонентами, то стабильность такой биосистемы может повыситься, так как в ней всегда находятся факторы, ограничивающие избыточность какого-то компонента или замещающие выпавших. Особенно увеличивает стабильность системы её структурно-функциональная сложность.

Наконец, фундаментальным свойством всех живых систем (в отличие от неживых) является их *охваченность эволюционным процессом развития и усложнения*, непрерывно создающим новые формы жизни. В этом специфика систем живой материи и залог устойчивости биосферы как уникальной биосистемы планеты Земля.



Целостность, дискретность, открытость, информационность, саморегуляция, самоподдержание и способность к эволюции — неотъемлемые характерные свойства всех биосистем.

1. Почему живые системы относят к открытым системам?
2. Какие признаки являются общими для всех живых систем?
3. Является ли длительность существования во времени обязательной характеристикой биосистемы? Аргументируйте свой ответ.

Лабораторная работа № 1 «Наблюдение за живой клеткой» (см. Приложение).

§ 8

Структурные уровни организации жизни

Вспомните:

- чем обеспечивается целостность биосистемы;
- отличие живых систем от неживых систем;
- характерные признаки биосистем.

Системная организация живой материи. Мир живой природы представляет собой совокупность разнообразных живых систем различной сложности. В свою очередь, каждая биосистема (как любая система) представляет собой совокупность связанных в единое целое элементов (компонентов), выполняющих определённые функции. Взаимосвязи таких элементов выражает структура системы, которая может быть сложной или относительно простой.

Взаимодействуя со средой, живые системы адаптируются к ней, приобретают специфические свойства, но сохраняют свою целостность и определённый уровень сложности. Так, биосфера как биосистема очень многокомпонентна, поскольку состоит из таких подсистем, как биогеоценозы, виды и популяции, а они состоят из организмов. Но и организмы весьма сложны, даже одноклеточные. Поэтому в середине XX века различными учёными были предприняты попытки создать классификацию всего многообразия биосистем. В 60-е годы XX века уже сложилось представление о структурных уровнях организации жизни.

Понятие о структурных уровнях. Каждый тип биосистем отличается от других своеобразием присущих ему компонентов, процессов, структур и функций. Чтобы сравнивать свойства биосистем разных уровней, понимать, что можно считать «уровнем организации живого», и классифицировать их, отечественный философ В.И. Кремянский (1969) предложил тезис: *«Каждый уровень специфичен и каждому свойственно проявление закона соотношения общего и частного»*. Исходя из этого, Кремянский сформулировал три обязательных критерия, по которым явление может быть признано самостоятельным структурным уровнем, существующим в пространстве и во времени: 1) в нём есть органическое отношение целого и его составных частей; 2) в нём есть специфические структуры как устойчивые признаки; 3) оно самостоятельно существует в пространстве и во времени.

Биосистемы разной степени сложности — это особые формы существования живой материи, называемые *структурными уровнями организации жизни*. Каждому типу биосистем присущи определённые закономерности и законы, процессы, структура и функции.

В настоящее время для сравнительного описания уровней обычно используют такие наиболее общие для них характеристики, как *структура, процесс, организация и значение*. Словом «структура» (от лат. *structura* — «строение») выражают взаимное расположение взаимосвязанных между собой элементов системы. Словом «процесс» (от лат. *processus* — «прохождение», «продвижение») обозначают закономерные изменения, развитие явления. Термин «организация» в теории структурных уровней выражает представление об управлении системой.

Структурные уровни организации живого. Жизнь на Земле возникла путём эволюции и может существовать только в виде различных биосистем. Становление и развитие живого вещества в процессе эволюции включало в себя появление не только дискретных носителей жизни (вначале молекулярных систем, затем клеток и многоклеточных организмов), но и возникновение надорганизменных систем: популяций и видов, биогеоценозов и целостной биосферы. Все они обеспечивают процесс самовоспро-

изведения и взаимообеспечения жизни в рамках биогенного круговорота веществ.

Критерием для выделения различных структурных уровней главным образом служит степень сложности структуры биосистем, возникшая в процессе исторического развития материи. Учитывая это и особенности проявления свойств жизни, выделяют шесть основных структурных уровней организации: *молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный* (рис. 12).

Особенности основных структурных уровней организации жизни, их компоненты и свойственные им процессы показаны в таблице 3.



Рис. 12. Структурные уровни организации живой природы: 1 — молекулярный; 2 — клеточный; 3 — организменный; 4 — популяционно-видовой; 5 — биогеоценотический; 6 — биосферный

Таблица 3

Основные структурные уровни организации живой материи

Уровень биосистем	Компоненты	Основные процессы
Молекулярный Представлен разнообразными молекулярными комплексами, находящимися в живой клетке (биомембрана, цепи переноса электронов, хроматин, фотохимические системы и др.)	Молекулы неорганических и органических соединений и гены	Объединение молекул в особые комплексы. Осуществление физико-химических реакций в упорядоченном виде. Копирование ДНК, кодирование и матричная передача генетической информации. Все эти процессы осуществляются только внутри живой клетки
Клеточный Представлен свободно живущими клетками и клетками, входящими в многоклеточные организмы	Комплексы молекул химических соединений и органоиды клетки	Синтез органических веществ (биосинтез, фотосинтез), пластический и энергетический обмен. Регуляция внутриклеточных процессов. Деление клеток. Вовлечение химических элементов Земли и энергии Солнца в биосистемы
Организменный Представлен одноклеточными и многоклеточными организмами всех царств живой природы	Клетка — основной структурный компонент организма. Из клеток образованы ткани и органы многоклеточного организма	Обмен веществ, раздражимость, размножение, онтогенез. Изменчивость и передача наследственной информации потомкам. Обеспечение непрерывности жизни. Обеспечение гармонического соответствия организма среде его обитания

Уровень биосистем	Компоненты	Основные процессы
Популяционно-видовой Представлен огромным разнообразием видов с их популяциями, обеспечивающими более полное использование условий среды в ареале вида	Группы родственных особей, объединённых определённым генофондом и специфическим взаимодействием с окружающей средой	Поддержание устойчивости генофонда и возможности его изменчивости. Накопление элементарных эволюционных преобразований. Осуществление микроэволюции. Выработка адаптаций к изменяющейся среде. Видообразование. Увеличение биоразнообразия и усложнение форм приспособленности
Биогеоценотический Представлен разнообразием естественных и культурных биогеоценозов во всех средах жизни	Популяции различных видов. Факторы среды. Пищевые сети, потоки веществ и энергии	Круговорот веществ и поток энергии, поддерживающие жизнь. Подвижное равновесие между живым населением и абиотической средой. Обеспечение живого населения условиями обитания как ресурсами жизни (питанием и жильем, укрытием и пр.)
Биосферный Представлен высшей, глобальной, формой организации биосистем – биосферой	Биогеоценозы и антропогенное воздействие (по Вернадскому: живое, косное и биокосное вещество)	Активное взаимодействие живого и неживого (косного) вещества планеты. Биологический глобальный круговорот. Активное биогеохимическое участие человека во всех процессах биосферы в виде хозяйственной и этнокультурной деятельности

Иерархия структурных уровней биосистем. Перечень биосистем (от молекулярных систем до биосферы) по их структурной сложности представляет собой некую иерархию форм жизни, где каждый тип биосистем как бы находится на определённом уровне (ступени) — выше или ниже один по отношению к другому. При этом биосистемы все вместе представляют собой живую материю в виде сложной, упорядоченной структуры. Относительно друг друга биосистемы включены одна в другую как части в целое. В то же время каждая биосистема дискретна и представляет собой особую целостность в общей структуре живой материи.

Слово «уровень» показывает, что в развитии природных объектов есть положение неких «высоких» ступеней относительно «низких». Подчинённость менее высоких более высоким ступеням организованности систем часто выражают термином «иерархичность». Вместе с тем понятие «уровень» в каждом случае отражает сферу действия специфических законов, свойственных биосистемам, качественно отличающимся друг от друга по сложности своих структур.

Вся материя является носителем особых форм движения, выраженного в системах различного уровня. Биология в этом материальном мире изучает лишь структурные уровни организации живой материи, представленные в форме *живых систем — биосистем* (рис. 13).

Свойства и явления систем отдельных уровней возникают как результат слияния и взаимодействия частей систем предыдущих уровней. Притом каждая последующая ступень, вбирая в себя типы связей предыдущих уровней, видоизменяет их и включает в свои связи, отчего становится более сложной по структуре и по действию. То, что было раньше относительно самостоятельным *целым*, превращается в *части, элементы* более высокого уровня. Законы, присущие телам предыдущего уровня, влияют на поведение систем более высокого уровня и проявляются в них некоторыми сторонами, но не отражают их полностью, так как выступают как части целого. Таким образом, *каждому уровню присущи свои особые свойства*.

Заметим, что свойства систем более высокого уровня возникают не в результате разрушения свойств предыдущего уровня, а путём их интеграции — объединения и организации как новых единиц в единую систему. При этом всегда появляются новые, *добавочные, эмерджентные* (от англ. *emergence* — «неожиданно появляющийся») свойства. Поэтому каждому уровню присущи свои особые законы.

Все уровни имеют в своей структуре один и тот же материальный субстрат (живое вещество и неживую материю), но специфичность связей, существующих между элементами, приводит к возникновению особых свойств, характерных для этого уровня.

Каждый структурный уровень организации жизни — это особое природное явление, проявляющееся в пространстве и во времени.

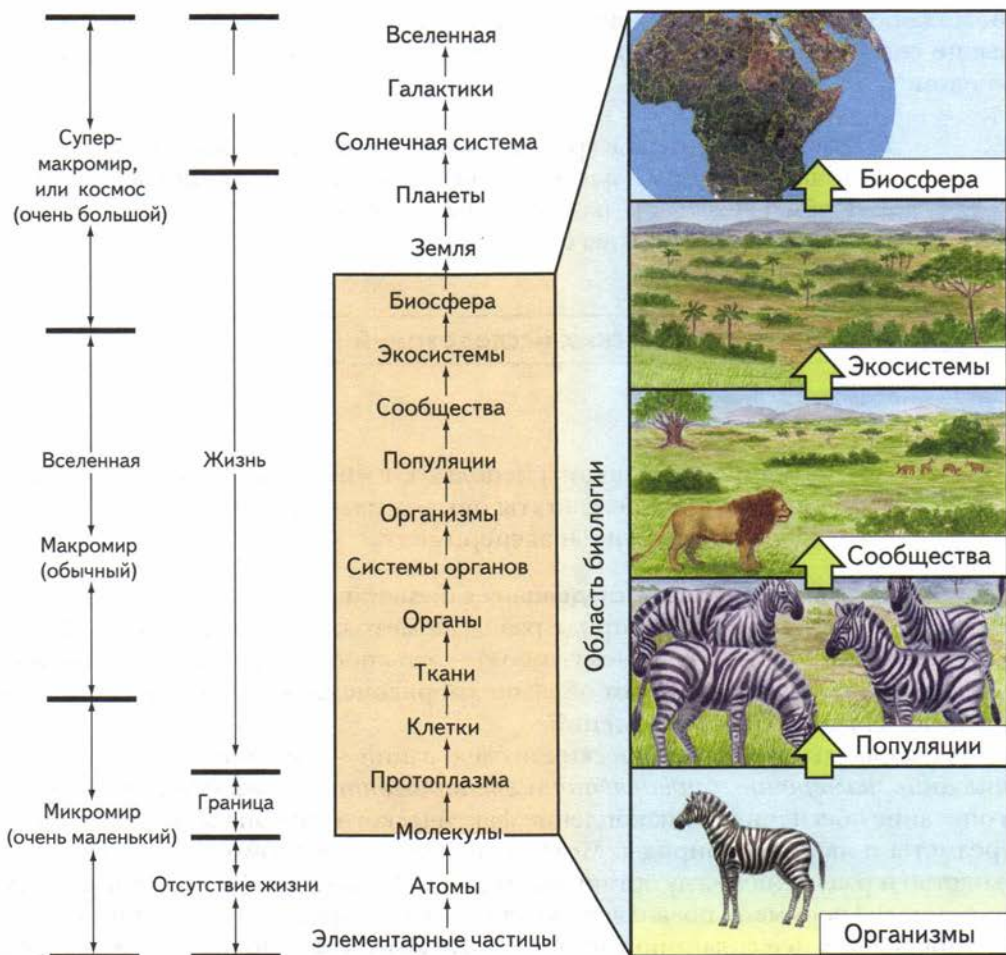


Рис. 13. Структурные уровни организации материи и расположение уровней жизни

Все уровни организации биосистем возникли фактически одновременно с появлением первых живых организмов ещё в очень давние времена. С тех времён — и в водной среде, и по выходе организмов на сушу — разнообразие жизни усложнилось: от суборганизменных, клеточных и организменных биосистем к надорганизменным и многовидовым формам.

Таким образом, жизнь на Земле сложно упорядочена и проявляется одновременно в виде нескольких разных структурных уровней организации биосистем. Между ними существует взаимообусловленное единство, обеспечивающее системную организацию и целостность живой материи. Все уров-

ни можно рассматривать как широкомасштабные явления жизни, где непрерывно совершается усложнение структуры биосистем и всей живой материи в целом.

1. Назовите основные уровни организации живой материи.
2. Почему организм, клетку и популяцию называют биосистемами?
3. В чём сходство и различие между человеком и еловым лесом? По каким признакам вы сравниваете их?

§ 9

Методы биологических исследований

Вспомните:

- с какими целями биологи используют микроскоп, лупу и бинокль;
- как фиксируются результаты опытов и наблюдений;
- что такое наблюдение и эксперимент.

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

Основа любых биологических исследований — *наблюдение, сравнение, описание, измерение, определение и эксперимент*. Наблюдение, измерение и описание обеспечивают накопление фактического материала, отражающего предметы и явления природы. Метод сравнения даёт возможность выявлять сходство и различия между организмами, видами, другими биосистемами и их частями. Эксперимент позволяет активно изучать природные явления жизни с помощью заранее спланированного опыта, который используется не только для изучения явлений, но и для проверки гипотез, формулируемых на основании результатов, получаемых наблюдением, измерением, сравнением и другими методами исследований. Методы биологических исследований отличаются большим разнообразием и используются комплексно.

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. Его 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 методами выступают методы количественного учета живых организмов, популяций, биогеоценозов.

Широкое распространение в различных областях биологической науки, особенно в анатомии, эмбриологии, палеонтологии, получил сравнительный метод. Его значение велико, так как на его принципах основана классификация видов в системе органического мира и теория эволюции живых организмов. С помощью исторического метода учёные выявляют закономерности возникновения, развития, существования и эволюцию различных форм жизни на Земле в её разные периоды.

Лабораторные исследования широко применяются во всех отраслях биологии. Главным инструментом при этом был и остаётся микроскоп. За многолетнюю историю микроскопических исследований накоплен огромный практический опыт, разработана масса методик подготовки препаратов для светового и электронного микроскопов; созданы специальные приборы для приготовления особо тонких срезов, для зарисовок, фотографирования и сканирования ультраструктур живого, для определения размеров клеток и органоидов и множество других. Специальные приборы и реактивы позволяют изучать в лабораториях биохимические процессы в тканях и клетках организмов, электромагнитные свойства органов и тканей, обмен веществ и энергии в живых особях, клонирование клеток и тканей, пересадку генов и многое другое.

Новые методы исследования в биологии. В настоящее время в различных отраслях биологической науки широко используют метод *моделирования* (от фр. *modele* — «образец», «прообраз»). Сущность его заключается в следующем: на специально созданной модели воспроизводят характеристики некоторого объекта. При этом между моделью и объектом, интересующим исследователя, должно быть известное подобие. Моделирование широко используется, когда объект исследования очень сложный (многокомпонентный) или труднодоступный для непосредственного наблюдения. В этих случаях моделирование помогает выявить свойства и взаимозависимости изучаемого объекта и представить его характеристики в изменяющихся условиях.



Модель не копирует, а имитирует реальность.

Модель — это абстрактное описание какого-то реального явления, позволяющее делать предсказания об этом явлении. Моделирование даёт возможность 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 надёжные количественные прогнозы, например изменения численности популяции, математических закономерностей в системах «хищник — жертва», «паразит — хозяин»,

устойчивости структуры биосистем. Моделирование особенно необходимо при исследовании биосферы.

В исследованиях экологического состояния природы широко используется *мониторинг* (от лат. *monitor* — «предостерегающий»). Мониторинг — это многоцелевое длительное наблюдение за состоянием и изменениями изучаемого объекта во времени. Часто мониторинг проводится как контроль состояния окружающей среды. Он используется также для выявления изменений в видовом разнообразии естественных биогеоценозов, обнаружения и спасения редких, исчезающих биологических видов на нашей планете. При проведении мониторинга наряду с биологическими используются физические, химические, географические и даже космические (например, зондирование с искусственных спутников, космических кораблей и пр.) методы.

Проведение многих биологических исследований не требует каких-то особых навыков, нужно только внимание, терпение и тщательность.

Этапы проведения исследования. Научное исследование всегда проходит несколько этапов: эмпирическое наблюдение и определение объекта исследования, постановка задачи исследования и формулирование рабочей гипотезы, выдвижение условий воздействия и постановка эксперимента. После этого проводятся предварительный сбор данных, их анализ и сравнение; проверка и корректировка гипотезы, постановка контрольных экспериментов, сравнение и обобщение результатов, описание (фиксация) факта.

Все полученные в ходе исследования факты могут иметь значение для научного открытия или служить руководством к практическому действию, аргументом для доказательства или опровержения определённой идеи, взгляда на изучаемое явление.

Однако накапливаемые факты сами по себе обычно не имеют высокой информационной ценности, но, будучи организованными в какую-либо теоретическую конструкцию (гипотезу, теорию, концепцию), они могут иметь или мировоззренческое, или хозяйственно-практическое значение, послужить руководством к непосредственному действию или к продолжению исследования обнаруженного явления.

На заметку исследователя. Каждый исследователь обязательно ведёт *дневник наблюдений* (его также называют *полевым дневником*). По многовековой традиции принято делать все записи простым карандашом (для полевых записей карандаш привязывают к дневнику верёвочкой), так как такие записи не пропадут, даже если дневник намокнет под дождём, упадёт в снег, пропитается формалином или долго пролежит на ярком солнце. Никакие чернила не выдержат подобных испытаний.

Значение методов исследования в биологии. С помощью многообразия методов исследования биологи открывают закономерности проявления жизни и её развития, устанавливают принципы систематизации живых существ,

особенности существования и взаимодействия организмов и их сообществ (живых систем) в изменяющихся условиях окружающей среды. Добытые знания биологии жизненно важны для каждого человека, а сама эта наука относится к числу фундаментальных наук, так как её выводы имеют основополагающее теоретическое и прикладное (практическое) значение.

Методы исследования в биологии позволяют утверждать, что жизнь возникла на Земле и протекает по определённым естественным законам природы. Основанные на этих знаниях сформулированные теории, идеи и гипотезы обеспечивают людям формирование правильной естественнонаучной картины мира.

Биологическое познание свойств живой природы реализуется посредством применения множества различных методов исследования. Это наблюдение, сравнение, описание, измерение, эксперимент, моделирование, мониторинг, проводимые в полевых и лабораторных условиях. Качественный и количественный анализ полученных результатов помогает выявлять закономерности существования живой природы и создавать теоретические обобщения науки.

1. Что такое биологическое исследование? Какие этапы оно должно включать?
2. Почему в биологии используются разнообразные методы исследования?
3. В чём вы видите преимущества применения в биологии новых методов — моделирования и мониторинга? Выскажите своё мнение.
4. Осенью понаблюдайте за стайкой воробьёв: чем они питаются в это время? Как ведёт себя стая в момент опасности?

§ 10

Определение видов растений и животных

Вспомните:

- каким образом исследователь узнаёт названия интересующих его биологических видов;
- по каким признакам различаются между собой разные виды;
- как формулируются названия видов;
- как записывается название вида.

Приемы определения видов. В настоящее время известны сотни тысяч видов растений, животных, грибов и других живых организмов. Чтобы узнать их названия, нужно определить, к какому виду относятся эти существа. Для определения их видов созданы специальные определительные таблицы, схемы, каталоги. Некоторые виды можно определить по цветным рисункам, напри-

мер, наиболее ярко окрашенные виды бабочек, особенно из таких семейств, как парусники (махаон, аполлон, подалирий), из родов: павлиноглазки (ночной павлиний глаз), белянки (зорька, лимонница или крушинница, капустница) (рис. 14). Однако по рисункам точно определить вид животного или растения можно далеко не всегда. Для того чтобы узнать, к какому именно виду относится интересующий вас объект, необходимо научиться пользоваться специальными пособиями — *определителями*.

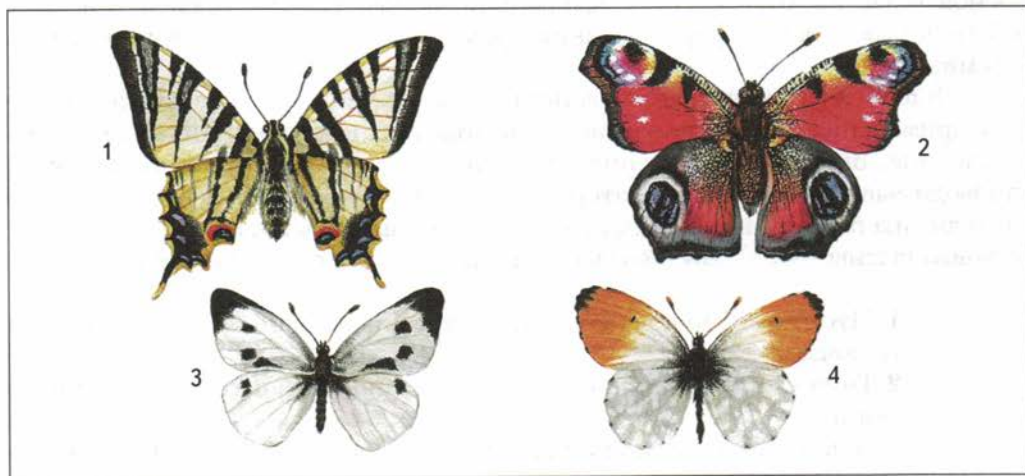


Рис. 14. Бабочки: 1 — подалирий; 2 — дневной павлиний глаз; 3 — капустница; 4 — зорька

Большинство определителей построено на особенностях морфологических признаков изучаемых видов с использованием терминов «теза» и «антитеза». Теза — описание какого-то признака, антитеза — описание признака противоположного характера. Тезы обычно имеют сквозную нумерацию, поочередно характеризую описание отдельных признаков исследуемого объекта. А вот антитезы помечены цифрой 0 или значками «+», «-». Определение вида ведётся путём постепенных шагов от одной тезы к другой или к антитезе. Начинается определение с самого первого шага — с пункта тезы 1 в определительных таблицах. Каждый следующий шаг выбирается из двух вариантов (теза или антитеза — в зависимости от соответствия признака у исследуемого объекта тому, что указано в тексте таблицы). Установив соответствие признака объекта с тем, что написано в тезе, направляются к следующему пункту описания признаков, указанному в скобках около номера тезы.

Определители животных построены также по принципу «теза — антитеза», однако в них отсутствуют значки 0, «+», «-». Обычно в зоологических определителях в первом пункте указан только один признак — теза, а в скобках рядом с номером тезы дан номер антитезы.

Аналогичным образом на особенностях морфологических признаков организмов построено много различных определителей биологических видов и других таксонов, то есть систематических групп различного ранга.

Таксон — это группа организмов, связанных друг с другом определённой степенью родства, и достаточно обособленная от других таксономических групп. Таксонами называют систематические группы различного ранга — вид, род, семейство, класс (отряд) и пр. Таксономическими группами (таксонами) обозначают не сами реальные организмы, а их классификационные группы, то есть определённый ранг классификационной группы в системе живых организмов. Таксоны разного ранга отражают определённую иерархию систематических групп организмов в их общей системе.

Обычно в определителях показан путь определения видов, начиная с крупных таксонов того или иного *царства*: *отделов* у растений и *типов* у животных.

Например, по определителю устанавливается, к какому отделу относится изучаемое растение — к водорослям, моховидным, папоротниковидным, к голосеменным или покрытосеменным растениям. Затем определяется *класс* и *порядок* у растений (*отряд* у животных). Так, среди покрытосеменных определяется, к какому классу — однодольных или двудольных — относится определяемое растение. Затем по определителю устанавливается принадлежность данного растения к тому или иному *семейству*, затем к *роду* и только после этого выясняется *вид* исследуемого растения.

Однако, зная заранее, к какому типу, классу и семейству или роду относится исследуемое растение, определение вида начинают по определительным схемам уже в пределах рода.

Попробуйте самостоятельно определить вид древесного растения, относящегося к отделу покрытосеменных, классу двудольных растений. При этом уже известен род исследуемого растения, например дуб.

Прочитайте в определителе первый пункт, внимательно рассмотрите ветку дуба и выберите подходящую тезу или антитезу.

- | | |
|---------------------------------------|----|
| 1. Листорасположение очередное | 2 |
| + Листорасположение супротивное | 58 |

Если вы убедились, что расположение листьев у ветки дуба очередное, переходите к пункту 2 (то есть выбираете тезу):

- | | |
|-------------------------|----|
| 2. Листья сложные | 3 |
| + Листья простые | 15 |

Листья дуба, предложенные для определения его вида, простые. Следовательно, выбирайте антитезу (+) и переходите к пункту 15. В этом пункте рядом с числом 15 в скобках указывается номер альтернативного пункта (2).

Это сделано для того, чтобы вы легко могли вернуться к предыдущему шагу.	
15 (2). Листья расчленённые	16
+ Листья цельные	24
Выберите самостоятельно следующие шаги:	
16. Листья с шипами или колючками	17
+ Растения неколючие	18
18. Листья кожистые, плотные, короткочерешковые, голые. Побег сероватые или красно-бурые. Дерево	28
<i>Дуб летний или черешчатый (Quercus robur L.)</i>	
+ Листья густо опушены белыми волосками, травянистые	19
Конечный шаг в определении – видовое название растения. Вам уда- лось определить вид дерева – <i>Дуб черешчатый</i> .	
Для развития навыка в определении видов растений и животных не- обходимы упражнения.	

1. Почему в определителях используются морфологические призна-
ки вида?
2. Выполните работу по определению видов растений и животных.
3. Составьте морфологическое описание видов, установленных
вами по определителю.

**Лабораторная работа № 2 «Методика работы с определителями
растений и животных» (см. Приложение).**

Проверьте себя.

Что вы узнали из материала главы 2

«Общие биологические явления и методы их исследования»?

Тренируемся

1. Какое определение понятия «жизнь» вам кажется наиболее удач-
ным и современным?
2. Какие свойства присущи живой материи?
3. Охарактеризуйте основные универсальные свойства живого.
4. Что называют биосистемой?
5. Какими свойствами обладают биосистемы?
6. Какое значение биологические вкладывают в термин «информация»?
7. Охарактеризуйте структурные уровни организации суборгани-
зменных биосистем.
8. С какими методами биологических исследований вы уже знакомы
и умеете их применять?

9. Каким образом моделирование используется в исследованиях живой природы?

10. В чём вы видите преимущества применения эксперимента в биологических исследованиях?

11. В каких условиях проводятся биологические исследования?

Выскажите свою точку зрения

1. Какие структурные уровни организации биосистем лучше изучены?

2. Возможности и ограниченность разнообразных методов биологических исследований в изучении живого мира.

3. К какой группе биосистем относится человек?

4. К какому структурному уровню организации живой материи относятся живые организмы водной среды и обитающие на суше?

Проведите наблюдение и установите

Идя из школы домой (или по пути в школу), обратите внимание на окружающую природную среду. Какие структурные уровни организации жизни вы сможете наблюдать невооружённым глазом?

Обсудите проблему

Почему не удаётся дать окончательное определение понятия «жизнь»?

Моя позиция

Жизнь, живое — это непреходящее свойство природы, безусловная ценность нашей планеты, и от нас зависит её сохранность и непрерывное продолжение.

Узнайте больше

В живой материи выделяют шесть основных структурных уровней организации жизни. Однако в общей материи их существует значительно больше. Ознакомьтесь с этим материалом в книге Тайлера Миллера «Жизнь в окружающей среде», том 1, глава 3 — М.: Пангея, 1993.

Темы самостоятельных исследований

1. Проявление свойств организменного уровня жизни и их особенности (на основе изучения обитателей уголка живой природы или домашних питомцев).

2. Выявление особенностей биогеоценотического уровня организации живого на примере одного конкретного биогеоценоза вашей местности (полевое исследование).

3. Аквариум — модель биогеоценоза пресноводного водоема; его структурные свойства и особенности.

Темы рефератов

1. Моделирование в биологии.
2. Мониторинг в экологических исследованиях окружающей среды.
3. Сходство и различия живой и неживой природы.

Основные понятия темы

Биосистема, универсальные свойства живого, уровни организации жизни (молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный), методы исследования в биологии (наблюдение, описание, измерение, сравнение, определение, эксперимент, моделирование, мониторинг).

Биосферный уровень организации жизни

Изучив материал раздела II, вы сумеете охарактеризовать:

- биосферу как биосистему, как особый структурный уровень организации жизни;
- этапы становления и развития биосферы в истории Земли;
- происхождение живого вещества и его роль в существовании биосферы;
- роль человека как фактора развития биосферы.

Вы сможете:

- объяснить свойства биосферы как экосистемы;
- раскрыть назначение круговорота веществ в биосфере;
- объяснить причины устойчивости и неустойчивости глобальной экосистемы «биосфера».

Глава 3

Учение о биосфере

§ 11

Функциональная структура биосферы

Вспомните:

- географические оболочки Земли;
- вертикальную дифференциацию нашей планеты;
- взаимосвязи биосферы с другими геосферами.

Границы и строение биосферы. Современная биосфера включает в себя полностью всю гидросферу, нижнюю часть атмосферы и верхнюю часть литосферы. Активная деятельность живого вещества охватывает сравнительно небольшой слой поверхностных оболочек Земли, его границы определяются комплексом физико-химических условий, допускающих устойчивое существование живых организмов, за пределами которых жизнь невозможна (рис. 15).

Гидросфера — это жидкая оболочка Земли, которая занимает более 70 % земной поверхности. Общий объем гидросферы свыше 1500 млн км³.

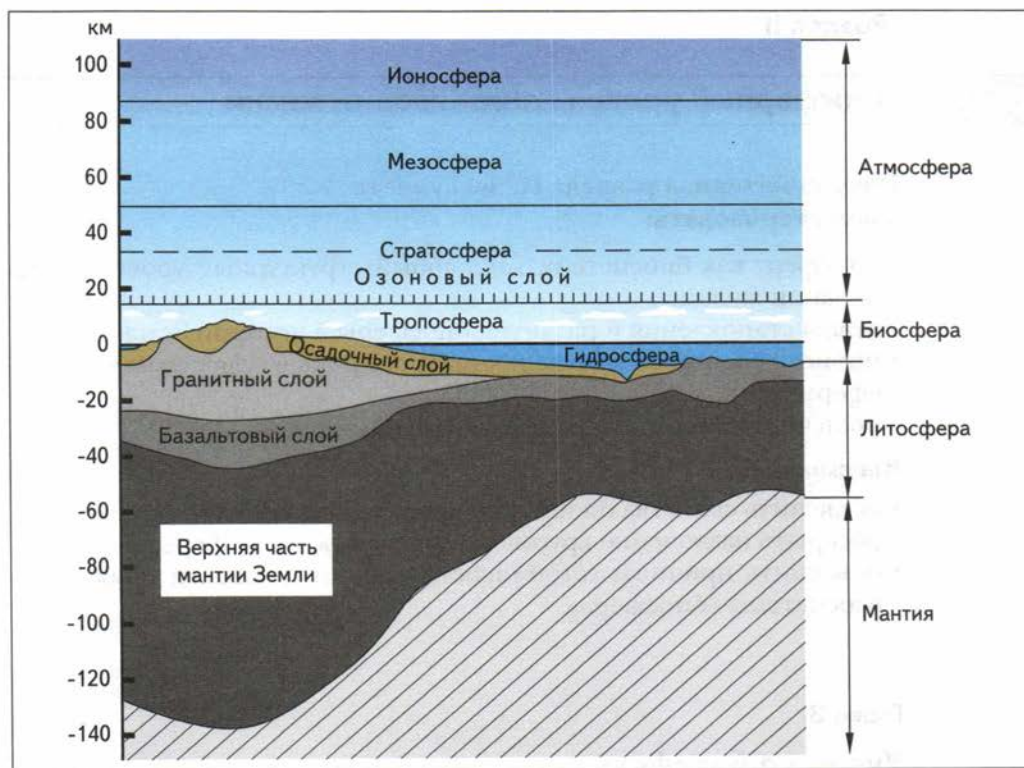


Рис. 15. Положение биосферы среди других сфер Земли

Объём Мирового океана составляет около 96,4 % всех вод на Земле. Из них лишь немногим более 3 % — пресные надземные и подземные водоёмы, в том числе почти $\frac{2}{3}$ пресной воды аккумулировано в ледниковых покровах Арктики, Антарктики и горных вершин на разных континентах. Поэтому во всех реках, озёрах, болотах, искусственных водоёмах остаётся около 1 % от общего количества воды биосферы.

Роль гидросферы для биосферы велика — она активный участник в поддержании неизменного климата на планете с температурами в диапазоне от 0 ° до 100 °C (то есть в пределах капельно-жидкой фазы воды), что способствовало воспроизводству жизни на протяжении почти четырёх миллиардов лет. Взаимодействуя с атмосферой, гидросфера обеспечивает круговорот воды, пополняясь при этом атмосферными осадками и возвращая их в атмосферу путём испарения. В гидросфере содержится огромное количество растворённых химических соединений, что позволило на определённом этапе процесса эволюции возникнуть жизни и обеспечило возможность развития огромного биологического разнообразия её форм.

В толще вод Мирового океана и других водных пространств сложились комплексы живых организмов, «парящих» или «блуждающих» в воде (планктон), активно перемещающихся в ней (нектон) и придонных (бентос). Благодаря этому жизнь в гидросфере распространена по всей её толще, достигая глубин более 11 км. *В водной среде наблюдается преобладание видов животного населения над растительным.* Растения находятся лишь в той части водоёмов, куда проникает свет. Гидросфера — основной источник обеспечения жизни на Земле, в том числе водой, растительной и животной пищей, и регулятор создания благоприятных климатических условий на планете.

Атмосфера — это газовая оболочка Земли, состоящая в основном из азота (78,8 % объёма), кислорода (20,95 %), аргона (0,93 %), углекислого газа (0,03 %) и иных газов (0,01 %).

Нижняя граница атмосферы соприкасается с земной и водной поверхностями, а её верхняя граница лежит примерно на высоте 10–15 тыс. м. Верхняя граница атмосферы обозначается условно по той высоте, где уравнивается плотность атмосферы и межпланетного пространства (на уровне мезосферы) (рис. 16).

В атмосфере различают ряд слоёв в зависимости от высоты и характера изменений температуры в них. Самый нижний слой — *тропосфера*, в нём в основном формируется погода планеты. Величина тропосферы — примерно 9 км у полюсов и до 17 км у экватора. В тропосфере содержится до 80 % всей массы газов атмосферы, причем большая её часть — в пятикилометровом, самом нижнем, слое околосредней поверхности. В стратосфере (толщина слоя до 50 км), располагающейся над тропосферой, на высоте около 15–30 км находится озоновый слой. У полюсов этот слой озона расположен на высоте 8–30 км, а у экватора — на высоте 15–35 км.

Следующие за стратосферой слои — мезосфера, термосфера (ионосфера) и экзосфера — характеризуются чрезвычайно низким содержанием газов и разными температурами — в мезосфере самые низкие — до -90°C , в термосфере высокие — до $+1000-2000^{\circ}\text{C}$.

В биосферу входит лишь тропосфера. Физическим пределом распространения жизни служит озоновый слой. Но живой мир в основном сосредоточен в толще приземного слоя атмосферы, не выше 50–70 м — по высоте крон тропических лесов, хотя отдельные «залёты» птиц, насекомых и «занося» бактерий и спор растений наблюдались и на более значительных высотах. Так, эколог И.А. Шилов отмечает, что «рекордсменом» по высоте оказался белоголовый сип, столкнувшийся с самолётом на высоте 12,5 км, а бактерии встречались даже на высоте 77 км.

В отличие от гидросферы в атмосфере жизнь присутствует лишь в пределах небольшого вертикального пространства вдоль поверхности суши, поэтому здесь нет выраженной вертикальной структурированности потоков веществ и энергии. При этом здесь, среди всего многообразия живых

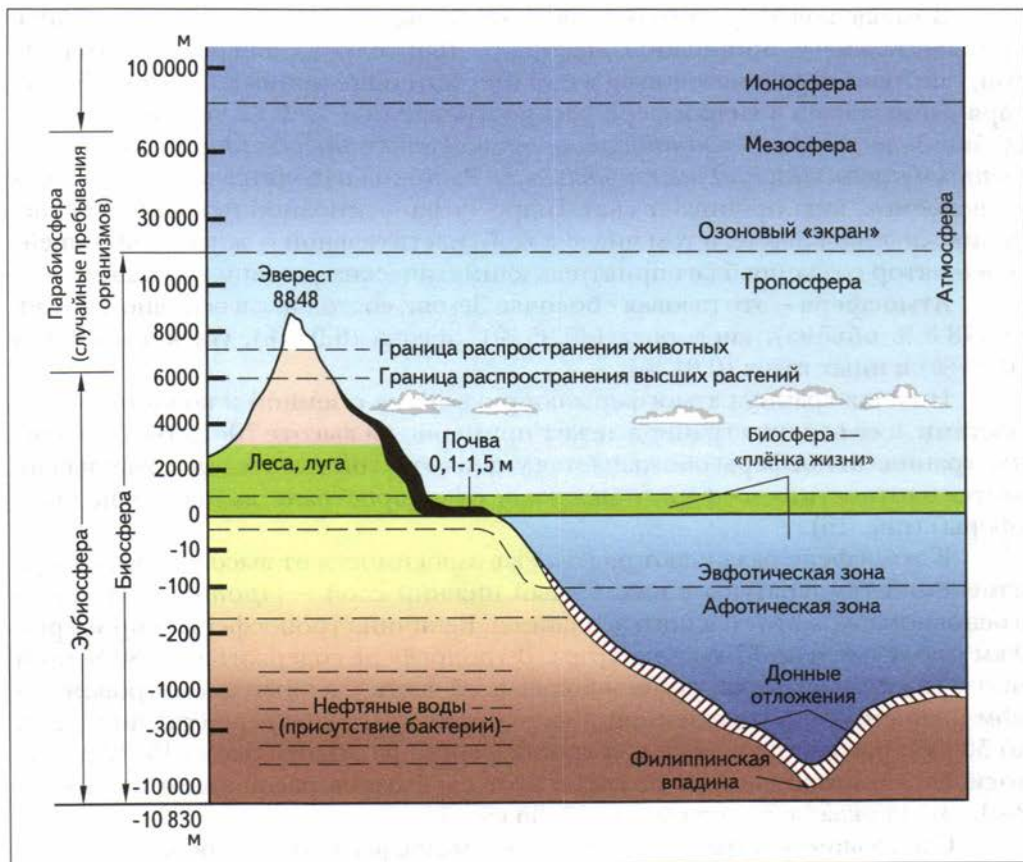


Рис. 16. Структура биосферы

форм, в отличие от гидросферы, преобладающее место занимают растения с их автотрофным способом обмена. Но характерно и то, что фотосинтезирующие растения лишь своей надземной частью побегов относятся к атмосфере, получая солнечную энергию и углекислый газ, а основное минеральное питание и воду они получают с помощью корней из почвы самого верхнего слоя литосферы.

Литосфера — это твёрдая оболочка Земли, обладающая большой прочностью. Её толщина колеблется в пределах 50–200 км. Слой литосферы, состоящий из кремнезема и алюминия — силитный слой — называют *земной корой*, которая покрывает всю поверхность планеты и на материках, и под слоем гидросферы. Толща земной коры характеризуется вертикальной и горизонтальной неоднородностью. В связи с этим различают два

основных типа земной коры: континентальный и океанический. Континентальная кора имеет толщину слоя от 70 до 25 км, в океанической коре мощность слоя невелика — 5–10 км.

В биосферу входит лишь самый верхний слой земной коры. Этот слой имеет глубину 2–3 км. Роль земной коры в биосфере является исключительно важной, так как здесь все наземные существа, в том числе и человек, находят необходимые им средства для жизни и места укрытий.

Педосфера. Самый верхний слой земной коры толщиной 15–50 см называется *почвой*. Почвенный слой называют особой оболочкой Земли — *педосферой* или *эдафосферой*. Она образовалась в результате тесного взаимодействия гидросферы, литосферы, атмосферы при активном участии живых организмов: животных, растений, грибов и бактерий.

В педосфере происходит постоянный обмен веществом и энергией между всеми геосферами нашей планеты, поэтому некоторые учёные называют педосферу «кожей Земли», «геомембраной», которая регулирует этот обмен, пропуская одни вещества или энергетические потоки и отражая, задерживая, поглощая другие. В почве содержится значительная часть минеральных веществ, в том числе вода, газы, остатки органической массы и разнообразное живое население, существующее и активно работающее в ней. В почве около 50 % массы представлено твёрдой фазой, а остальные 50 % — живым веществом (живыми организмами), биогенными остатками, водой и газом.

Педосфера, или почва, — самая активная сфера нашей планеты по минерализации органических веществ. Здесь фактически происходит завершение переработки первичной и вторичной продукции, созданной растениями, животными, грибами, бактериями и человеком на Земле.

Взаимодействие атмосферы с гидросферой, литосферой и педосферой формирует комплекс физико-географических и почвенно-климатических условий жизни, который выступает мощным фактором эволюционного становления морфофизиологических и экологических приспособлений у растений и животных к существованию в этих условиях.

Таким образом, каждая из геологических оболочек Земли имеет свои специфические особенности, которые определяют свойства биосферы как среды жизни. При этом воздушная, водная и почвенная оболочки земного шара представляют собой не только пространство, заполненное жизнью, а выступают как основные, но *разнокачественные среды жизни*, активно формирующие состав биогеоценозов и видов, входящих в них, их специфическое многообразие форм и биологические свойства. В то же время оболочки Земли, характеризующиеся многообразием природных сообществ, являются важными составными частями биосферы. Тесно связанные друг с другом, они образуют *единую функциональную открытую живую систему (биосистему)*. Взаимосвязь между частями биосферы протекает прежде

всего в форме различных круговоротов веществ и потоков энергии, реализуемых при активном участии живого мира, в том числе и человека.

1. Назовите верхнюю границу биосферы.
2. Приведите конкретный пример, свидетельствующий о связи литосферы с гидросферой.
3. Найдите в словаре пояснения к терминам «педосфера» и «эдафосфера».

§ 12

Учение В.И. Вернадского о биосфере

Вспомните:

- что называют системой и биосистемой;
- какие структурные уровни организации живого открыты в органическом мире;
- компоненты биосферы, обеспечивающие её целостность как биосистемы.

Понятие биосферы. *Биосферой* (от греч. *sphaira* — «шар») именуют область существования ныне живущих организмов, охватывающую часть атмосферы до высоты озонового слоя, всю гидросферу и часть литосферы, особенно её кору (глубиной примерно 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, которые здесь обитают (рис. 17).

Впервые термин «биосфера» встречается в 1802 году в трудах Ж.-Б. Ламарка применительно к живым организмам. Позже термин «биосфера» в значении «лик Земли» использовал австрийский геолог Эдвард Зюсс. При описании геологии Альп (1875) Э. Зюсс обозначил этим термином тонкую плёнку земной поверхности гор, населённую жизнью. Однако ни Зюсс, ни Ламарк не развили представлений о биосфере и не дали какого-либо определения этому термину.

Заслуга создания целостного учения о биосфере целиком принадлежит российскому учёному — Владимиру Ивановичу Вернадскому. В 1919 году, читая лекции студентам Сорбонны, он фактически переоткрыл термин «биосфера», вложив в него новое общебиологическое содержание.

Основы учения о биосфере Вернадский изложил в книге «Биосфера» в 1926 году. В последующем, в работах 30–40-х годов XX века, он развил свои идеи, рассматривая биосферу как единую систему, состояние которой в значи-

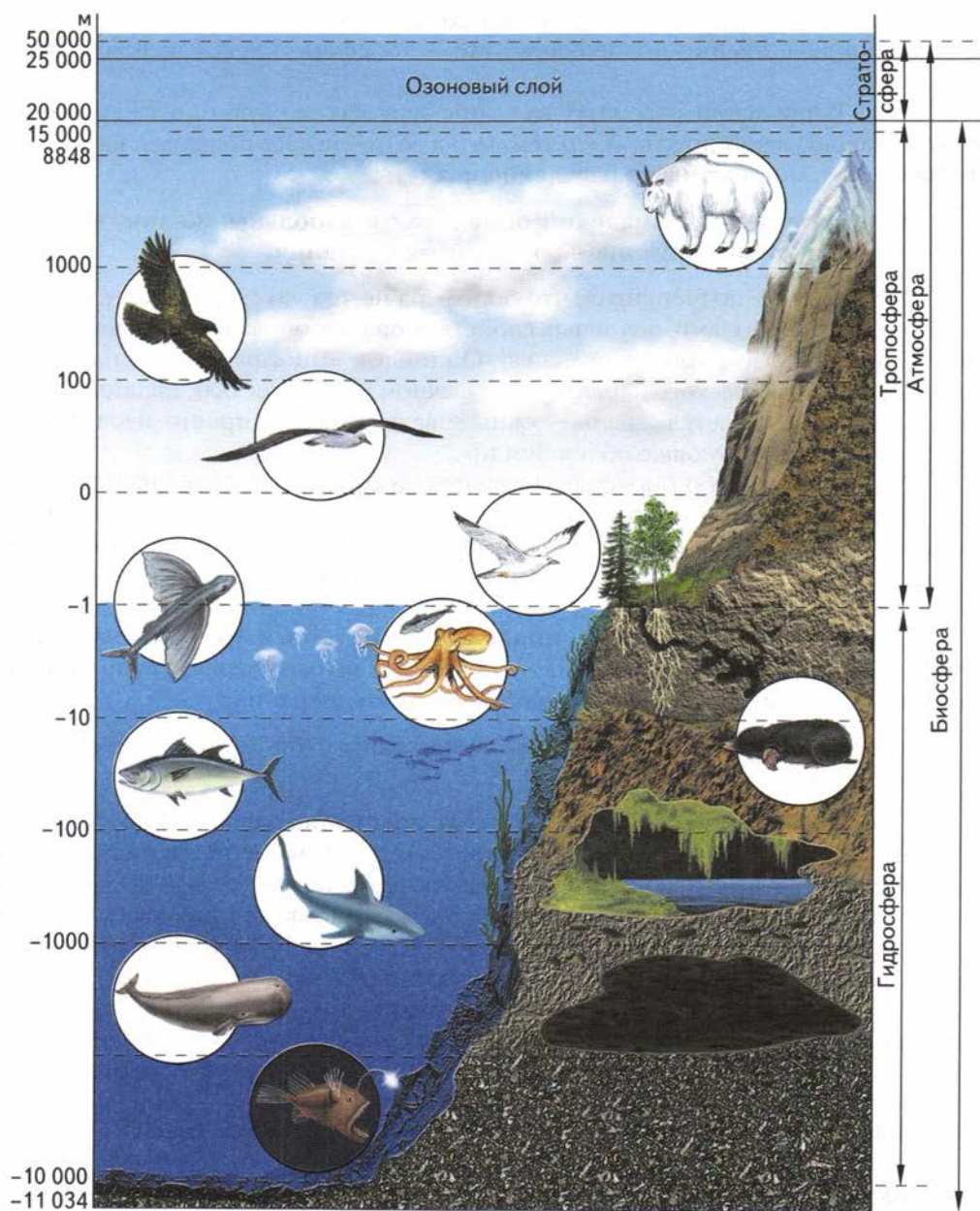


Рис. 17. Живые организмы в биосфере

тельной мере определяется деятельностью живых организмов, и говорил о её переходе в качественно новое состояние — ноосферу, «сферу человеческого разума».

В.И. Вернадский рассматривал биосферу как особую оболочку Земли, но отличающуюся от других сфер тем, что в её пределах проявляется геологическая деятельность живого населения планеты.



Биосферу В.И. Вернадский определял как область жизни, включающую и живые организмы, и среду их обитания.

При этом он подчёркивал, что биосфера не только среда жизни, но и её производное, что в своих основных свойствах она преобразована жизнью и определённым образом организована ею. Он пишет: «Биосфера — это планетарное явление космического характера, её важной особенностью, главной геологической силой является жизнь — «живое вещество», не просто населяющее биосферу, а преобразующее облик Земли».

В своём учении о биосфере Вернадский придаёт 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 преобразующей поверхность Земли.

Совокупность всех живых организмов планеты он назвал *живым веществом*, которое как нечто единое целое можно выразить элементарным химическим составом, в единицах величин массы и энергии.



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

Своё учение о биосфере В.И. Вернадский строил на идеях М.В. Ломоносова и В.В. Докучаева. Виднейший русский учёный-естествоиспытатель М.В. Ломоносов придавал огромное значение органическому миру в развитии жизни на нашей планете, объясняя деятельностью организмов происхождение торфа, каменного угля, нефти, янтаря, чернозёма и др. Поэтому понятие о биосфере у Вернадского пронизано идеей взаимодействия земных и космических тел и явлений. Будучи учеником отечественного учёного-почвоведом В.В. Докучаева, Вернадский ещё в студенческие годы стал последователем его идеи о синтезировании знаний частных наук, в том числе биологии, для комплексного изучения земной поверхности.

Структура биосферы. В структуре биосферы Вернадский выделял три разных, но геологически значимых и взаимосвязанных типа веществ: *живое вещество*, *косное вещество* и *биокосное вещество*. Живое вещество — совокупность всех живых организмов (то есть биомасса), косное вещество — все свойства неживой природы, сформированные без участия живых организмов (химические элементы оболочек Земли, вода, воздух, радиация), биокосное ве-

щество — результат совместной деятельности косного вещества и живых организмов (например, почва, каменный уголь, горючие сланцы, битум, нефть, известняки и т. п.).

Первоначально В.И. Вернадский выделил семь геологически взаимосвязанных типов веществ: живое вещество («оно рассеяно в мириадах особей, непрерывно умирающих и рождающихся, обладающих колоссальной действенной энергией — биогеохимической энергией»), биокосное вещество, создаваемое и перерабатываемое живыми существами (горючие ископаемые, известняки, почва и пр.), косное вещество (неживая природа), биогенное вещество (скопления живых организмов: леса, поля, планктон, чьи остатки после гибели входящих в них организмов образуют биогенные породы), радиоактивное вещество, рассеянные атомы и вещество космического происхождения (метеориты, космическая пыль). Но в более поздних работах он преимущественно называл только три типа веществ биосферы: живое, косное и биокосное, иногда ещё выделяя и четвёртое — биогенное.

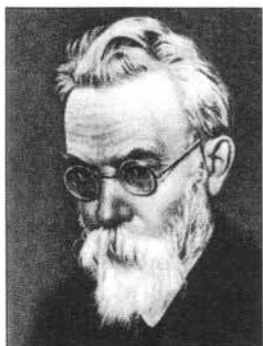
Свойства биосферы. Особо важным свойством биосферы Вернадский считал непрерывно идущие в ней круговорот веществ и поток энергии, регулируемые деятельностью живых организмов. Движение химических элементов и поток энергии в биосфере начинаются в результате совместного существования живых существ — автотрофов и гетеротрофов. Автотрофы создают в процессе фотосинтеза органические вещества и осуществляют преобразование энергии солнечного света в химическую энергию, а гетеротрофы потребляют её и разрушают органические вещества до минеральных соединений. Из минеральных веществ, образовавшихся при распаде органических соединений, автотрофы строят новые органические вещества, и так движение веществ идёт без конца, как бы по кругу, циклично. Этот процесс длится сотни миллионов лет, с тех пор как возникла жизнь. Огромную роль в нём играет солнечная энергия.

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 биологического круговорота атомов. Каждый новый цикл круговорота того или иного элемента (например, азота, фосфора) или соединения (углекислого газа, воды) не является точным повторением предыдущего, поскольку в этом процессе участвуют разные виды живых организмов.



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

В ходе эволюции биосферы часть процессов имела необратимый характер, поэтому происходило образование и накопление биогенных осадков (известняк, мел, горючие сланцы и др.), увеличение содержания кислорода в атмосфере, изменение количественных соотношений изотопов ряда элементов в литосфере и атмосфере.

Заметим, что В.И. Вернадский ещё в 1919 году первым отметил эту замечательную черту нашей планеты, доказав, что все газы, образующиеся в биосфере, теснейшим образом связаны с жизнью, всегда биогенны и изменяются главным образом биогенным путём. Этим же объясняется процентное и объёмное соотношение между азотом и кислородом в атмосфере. Учёный пишет: «Можно сказать, что свободный кислород на нашей планете в своей подавляющей массе создаётся кислородно-углекислотной функцией живого хлорофилльного вещества».

Значение учения В.И. Вернадского о биосфере.

Учение о биосфере и роли живого вещества в ней получило широкое распространение во всём мире. Понятие биосферы проникло в экологию, географию; она стала объектом охраны и заботы человечества. 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, обозначились острая потребность в осознании процессов функционирования биосферы и необходимость обеспечения её устойчивого развития.

1. Какие компоненты В.И. Вернадский выделял в структуре биосферы?
2. Какую роль в биологическом круговороте веществ играет совместное обитание видов?
3. Каким образом в биосфере возникает биогенное вещество?
4. Почему именно В.И. Вернадского считают основателем учения о биосфере?

Вспомните:

- почему Вернадского считают основателем учения о биосфере;
- какие структурные компоненты биосферы вычленил Вернадский;
- функции биологического круговорота веществ в биосфере.

Особенности живого вещества. В учении В.И. Вернадского о биосфере центральное место занимает понятие живого вещества и его роли в существовании биосферы. Живое вещество, по Вернадскому, — это уникальное свойство биосферы, оно представляет собой *геохимическое единство* всего огромного разнообразия ныне существующих живых организмов, непрерывно умирающих и рождающихся. Им же сформулированы особенности живого вещества и его специфические функции в биосфере.

В.И. Вернадский назвал свойства живого вещества как уникального явления планеты и указал его особенности. Они проявляются в следующем.

1. Несмотря на удивительную разницу форм и размеров живых организмов, живое вещество обладает одним общим свойством — оно проявляется в биосфере как физико-химическое единство.

2. Все химические реакции в живом веществе благодаря участию ферментов протекают значительно быстрее, чем в других веществах планеты. Химические реакции протекают в живых организмах с удивительной упорядоченностью и в менее жёстких условиях, чем вне их.

3. В возникающих химических связях живого вещества заключено огромное количество свободной энергии. Поэтому живое вещество выступает как «накопитель и трансформатор» лучистой энергии мирового пространства.

4. Живому веществу свойственна подвижность, обеспечивающая перенос вещества против силы тяжести и в горизонтальном направлении. С помощью движения живое вещество способно заполнить собой всё возможное пространство путём «растекания» живого («давления жизни»). Растекаясь по земной поверхности, оно переносит вместе с собой органические вещества и энергию, полученную от Солнца. При этом В.И. Вернадский выделяет две формы движения живого вещества: а) — пассивную (осуществляется путём роста и размножения организмов) и б) — активную (реализуется путём направленного перемещения организмов), выражающуюся в движении животных, в том числе человека, растений, бактерий, грибов.

5. Живое вещество характеризуется значительно большим морфологическим и химическим разнообразием, чем любое косное вещество. Притом оно постоянно обновляется, поскольку благодаря размножению существует на Земле в форме непрерывно чередующихся поколений.

6. Живое вещество в отличие от косного постоянно производит работу (геологическую работу): увеличивает биологическую массу и разнообразие форм жизни, изменяет среду обитания и тем преобразует физико-химические параметры биосферы.

7. Живое вещество представлено в биосфере в виде дискретных тел — отдельных особей. Будучи дискретным, живое вещество на Земле никогда не существует в виде обособленных организмов, а всегда представлено сообществами популяций разных видов (биоценозами), между которыми существуют различные взаимосвязи. Важнейшими среди них выступают пищевые связи.

8. Характерной особенностью живого вещества является способность к эволюционному развитию.



Благодаря своим специфическим свойствам живое вещество является наиболее мощной и активной геологической силой, преобразующей биосферу Земли.

Функции живого вещества в биосфере. В.И. Вернадский не только охарактеризовал свойства живого вещества, оказывающие воздействие на геологические процессы биосферы, но и указал на определённые функции этого вещества. Он выделяет пять групп геохимических функций живого вещества: *газовые, концентрационные, окислительно-восстановительные, биохимические и биогеохимические функции человека*. Характеризуя эти группы, Вернадский подчёркивает особую значимость биохимической. Он пишет: «В отличие от первых трёх групп, четвёртая группа — биохимические функции — резко отличается тем, что центр её действия находится не во внешней среде... а внутри организмов... внутри тел живого вещества, связан с их жизнью и смертью».

Идея о функциях живого вещества, сформулированная В.И. Вернадским, нашла большой отклик в трудах современных учёных. В связи с этим перечень основных функций живого вещества значительно расширился (табл. 4), хотя и такой объём не в полной мере отражает многообразие его свойств.

Таблица 4

Функции живого вещества в биосфере

Функция	Краткая характеристика функционального процесса
Энергетическая	Поглощение солнечной энергии при фотосинтезе. Запасание энергии в химических связях органических соединений и передача её по цепям питания и разложения. В своём глобальном, космическом,

Функция	Краткая характеристика функционального процесса
	проявлении живое вещество выступает как гигантский аккумулятор и уникальный трансформатор лучистой энергии Солнца
Геохимическая	Вовлечение химических элементов Земли в живые организмы и возвращение этих веществ путём биогенной миграции атомов в окружающую среду: в воду, почву, атмосферу
Концентрационная	Извлечение из окружающей среды и избирательное накопление химических элементов для построения тел живых организмов и вовлечение их в биологический круговорот веществ. Благодаря концентрационной функции живого произошло создание залежей полезных ископаемых: осадочных пород, нефти, углей, горючих сланцев и др.
Газовая	Создание свободного кислорода и переход его в озон; выделение свободного азота, сероводорода, метана и других газов при разложении живого вещества; поддержание на определённом уровне количества углекислого газа в атмосфере. Формирование современного состава атмосферы
Деструктивная	Она проявляется в разложении вещества и вовлечении его в биологический круговорот. Разрушая органику и разлагая минералы, живые организмы избирательно извлекают из них разнообразные химические элементы Земли и вовлекают их в биологический круговорот
Средообразующая	Преобразование физико-химических параметров среды в процессе существования живого вещества. Организмы создают почву, участвуют в изменении климата, определяют своеобразие ландшафта. Перестройку общего лика Земли осуществляет человек
Транспортная	Перенос вещества против силы тяжести (по вертикали вверх) и в горизонтальном направлении (путём «растекания»)

Функция	Краткая характеристика функционального процесса
Историческая	Эволюционное развитие многообразия живых форм и всего живого: организмов, видов, экосистем и биосферы в целом
Самовоспроизводящая	Все живые организмы происходят только от живых организмов: клетка от клетки, живое только из живого

Таким образом, можно сказать, что живое вещество является преобразователем среды и участником всех процессов биосферы. Причём эта деятельность живого проявляется не единично, а массово, постоянно и в огромных масштабах. По этому поводу 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».



Огромную роль в преобразовании общего лика Земли выполняет человек.

Биосфера — космическое явление. В учении Вернадского о биосфере Земля предстаёт как маленькая частица гигантской Вселенной, крошечным оазисом, где закономерно создавались условия для возникновения и развития жизни, которую сама планета защищает от губительного жёсткого ультрафиолетового излучения Солнца. Вернадский подчёркивал, что жизнь на Земле связана с концентрацией солнечной энергии, что живое вещество в форме зелёного растительного мира накапливает эту энергию, которая может сохраняться миллионы лет в виде различных топливно-сырьевых ресурсов (газа, нефти, торфа, угля и т. д.). Одновременно с процессом «собираательства» энергии Земля как открытая система обменивается энергией с космосом. Благодаря тому и другому происходит непрерывное изменение биосферы, её эволюция, которая идёт в сторону роста «свободной энергии биосферы», выражая тем самым наиважнейшую естественно-историческую закономерность развития живого на нашей планете. Термином «свободная энергия биосферы» В.И. Вернадский называл работу, совершаемую живым веществом Земли.

1. Почему биосферу относят к биосистемам?
2. На каком основании В.И. Вернадский всё живое население планеты Земля назвал живым веществом?

3. Дополните фразу правильным утверждением:

Главной организующей силой единства биосферы выступает

- а) взаимодействие разнообразных организмов;
- б) озоновый слой в атмосфере;
- в) биологический круговорот веществ;
- г) живое вещество;
- д) географические оболочки Земли.

4. Докажите верность или ошибочность утверждения: «Совокупность живых организмов, населяющих сушу и водную среду, называют живым веществом».

5. Поясните, на чём основано утверждение: «Живое вещество характеризуется значительно бóльшим морфологическим и химическим разнообразием, чем любое косное (неживое) вещество».

Проверьте себя.

**Что вы узнали из материала главы 3
«Учение о биосфере»?**

Тренируемся

- 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. Кто впервые ввёл термин «биосфера»?
- 6. Почему именно В.И. Вернадского считают автором учения о биосфере?

Выскажите свою точку зрения

Почему В.И. Вернадский одни вещества называл «биогенными», а другие — «биокосными»?

Проведите наблюдение и установите

Задание 1. Определите длину светового дня. Сопоставьте эти данные с температурой атмосферного воздуха. Определите роль того и другого абиотического фактора на состояние растений и животных около вашего дома (школы). Сделайте вывод о зависимости организмов от условий внешней среды.

Задание 2. Соберите в небольшой сосуд выпавшие осадки (дождь, снег). Пользуясь лакмусовым индикатором, выясните pH осадков. Сравните показатель кислотности воды, содержащейся в осадках, с по-

казателем pH воды из водопровода или артезианского колодца. Сделайте вывод о влиянии кислотности осадков на жизнедеятельность растений, животных, бактерий, на состояние почвы и водоёмов.

Обсудите проблему

Какую роль в учении о биосфере Вернадский отводил Солнцу?

Моя позиция

Мне импонируют слова И.С. Тургенева: «Человека не может не занимать природа, он связан с ней тысячью неразрывных нитей».

Узнайте больше

- Роль Солнца в существовании биосферы исследовал наш выдающийся учёный-биофизик Александр Леонидович Чижевский (1897–1964). Особенно велики его заслуги перед космической биологией, экологией и медициной. В 1915 году он, будучи студентом первого курса Московского археологического института, прочитал доклад на тему: «Периодическое влияние активности Солнца на биосферу». Этой работой Чижевский фактически обосновал новое направление в науке — гелиобиологию.

- Прочитайте книгу А.Л. Чижевского «Земное эхо солнечных бурь». (М., 1976), из которой вы узнаете о связи между солнечной активностью и различными процессами, происходящими в биосфере, в жизни людей и человеческого общества.

Темы самостоятельных исследований

1. Функции земного пространства и времени в трудах В.И. Вернадского.
2. Исследование мела как сохранившегося доказательства «былых биосфер».

Темы рефератов

1. Живое вещество как ведущий фактор преобразования поверхности планеты.
2. «Былые биосферы» как доказательство геологически длительного времени развития биосферы.
3. Эволюция биосферы до и после появления человека.
4. История накопления осадочных пород.
5. Ритмы жизни в биосфере.

Основные понятия темы

Биосфера, границы биосферы, живое вещество, косное вещество, биокосное вещество, былые биосферы, функции живого вещества, биологический круговорот.

Вспомните:

- что включает в себя понятие «живое вещество»;
- функции живого вещества в биосфере;
- особенности живого вещества.

Ранние гипотезы происхождения живого. Происхождение живого и сам процесс его возникновения с давних пор привлекают естествоиспытателей и философов. Обсуждение этих вопросов служит ареной острой борьбы материализма и идеализма. *Идеалисты*, исходя из теологических (от греч. *theos* — «бог» и *logos* — «учение») убеждений, считают возникновение живого актом Божественного творения, да ещё осуществлённым за шесть дней. *Материалисты*, напротив, говорят о материальности мира, о его существовании вследствие естественных причин и за счёт природных сил, независимо от каких-либо божественных воздействий. Материализм является одной из форм натуралистического, естественнонаучного мировоззрения, в связи с этим он отрицает существование каких-либо внеприродных начал (Бога, абсолютного духа, сверхъестественных сил и т. п.).

В процессе обсуждения проблемы происхождения жизни к настоящему времени накопилось большое количество гипотез и теорий.

Гипотеза (от греч. *hypothesis* — «основа», «предположение») — система умозаключений, посредством которой на основе ряда фактов делается вывод о предмете, связи или явлении. Но этот вывод нельзя считать достоверным, так как он не имеет должных доказательств. *Теория* (от греч. *theōris* — «наблюдение», «исследование») — система обобщённого знания о том или ином «фрагменте» действительности. Теорию следует отличать от гипотезы, как достоверное знание от непроверенного, предполагаемого — «гипотетического» знания.

В истории биологии многие гипотетические высказывания, не доказанные по своей сути, авторы называли «теориями». В таком виде они и вошли в науку как теории, хотя на деле являются лишь гипотезами. Назовём некоторые из них, касающиеся происхождения жизни.

Креационизм (от лат. *creatio* — «создание») — идеалистическое учение о сотворении мира, живой и неживой природы в едином творческом акте существует с давних пор. Корни этого учения уходят в мифологию Древнего мира, повествующую о том, что по воле богов из хаоса рождается космос (от древнегреч. *kosmos* — «гармония», «устройство», «упорядоченность»). Креационизм поддерживается теологией христианства, иудаизма и ислама.



Жорж Кювье (1769–1832), французский естествоиспытатель, основатель сравнительной палеонтологии

Точки зрения креационизма в биологии придерживался К. Линней. Он признавал спонтанное (внезапное) сверхъестественное происхождение всех видов растений и животных. При этом он считал, что виды неизменны и существуют такими, какими их создал Бог. Данные современной биологии доказывают полную несостоятельность креационизма.

Теория стационарного состояния (или «теория вечности жизни») утверждает, что живое всегда существовало на Земле, но оно изменялось во времени или в связи с какими-то катаклизмами. Сторонниками этих воззрений был и зоолог и палеонтолог Жорж Кювье, его ученики (XVIII в.) и сторонники неокатастрофизма (начало XX в.).

На основании изучения ископаемых организмов Кювье пришёл к выводу о постепенном совершенствовании их строения по мере перехода от древних форм к новым формам. Однако, будучи сторонником креационизма, он объяснял качественные различия организмов на основе «теории катастроф», согласно которой в истории Земли неоднократно происходили существенные катаклизмы, приводившие к гибели всего живого. На смену погибшим путём какого-то акта Творца (Бога) появлялись новые живые организмы с иными свойствами, усовершенствованными по воле Божественного Разума без непосредственной связи с предшествующими формами живого.

Однако эти гипотезы не объясняли главного: в результате чего появились первые живые существа, способные затем сохраняться и видоизменяться после крупных глобальных катастроф?

Оба эти идеалистические учения о происхождении жизни (креационизм и гипотеза стационарного состояния) полностью отвергаются современным естествознанием как несостоятельные.

Среди материалистических воззрений тоже имеется ряд идей и гипотез («теорий») о происхождении жизни на Земле.

Теория панспермии (от греч. *pan* — «все» и *spërma* — «семя») основана на гипотезе о возможности переноса жизни из космического пространства на Землю. Гипотеза была выдвинута в 1865 году немецким медиком Г. Рихтером, поддерживалась немецким физиком и физиологом Г. Гельмгольцем и была полно сформулирована шведским физико-химиком С. Аррениусом в 1895 году. В XX веке подобные взгляды высказывали В.И. Вернадский и один из авторов модели ДНК Френсис Крик. По этой теории считается, что с метеоритами и космической пылью на Землю попали живые организмы внеземного происхождения. Такое предположение опирается на данные, свидетельствующие о высокой устойчивости некоторых микроорганизмов и их спор к радиации, вакууму, низким

и высоким температурам и другим воздействиям. Эта идея высказывается и в наши дни, поскольку на обломках некоторых метеоритов иногда встречаются органические вещества или их следы. Но до сих пор нет достоверных фактов, подтверждающих внеземное происхождение этих веществ.

Гипотезы биогенеза и абиогенеза. Всё многообразие точек зрения материалистов о происхождении живого на Земле сводится к двум противоположным позициям, которые получили название *биогенеза* и *абиогенеза*. Сторонники теории биогенеза (от греч. *bios* — «жизнь» и *genesis* — «происхождение») считают, что всё живое происходит от живого, тогда как сторонники абиогенеза (греч. *a* — частица отрицания и «биогенез») считают возможным происхождение живого из неживой материи.

Идея абиогенеза, то есть самопроизвольного зарождения организмов из неживой природы, была широко распространена ещё в Древнем Китае, Вавилоне, Египте. Такие воззрения активно высказывали натурфилософы Древней Греции: Эмпедокл и Демокрит (V в. до н. э.), Аристотель (IV в. до н. э.). Например, Эмпедокл полагал, что первые живые существа возникли из четырёх элементов материи: воздуха, воды, земли и огня. Демокрит считал, что при участии огня из воды и ила могут самопроизвольно зарождаться живые существа, такие как рыбы. Позже Аристотель утверждал, что самозарождаться могут растения и животные. Он писал: «Живое может возникать не только в результате спаривания животных, но и от разложения почвы». Происходит этот процесс, по его мнению, в тех случаях, когда в неживом материале имеется некое «активное начало». Именно оно, подобно энергии, обеспечивает появление живого существа из неживого материала.

В течение долгого времени существовало убеждение, что различные живые формы возникали спонтанно, в результате самозарождения из неживой материи. Люди замечали, что после дождя в лесу появляются грибы, мхи, в пруду увеличивается количество лягушек, в гниющем мясе заводятся черви и заключали, что они родились из земли или из ила и тины — «из грязи». Такого рода представления разделяли в те времена многие исследователи, в том числе и учёные-натуралисты. Даже Ж.-Б. Ламарк в XIX веке писал о самозарождении некоторых грибов из влажной почвы.

Например, в XVI веке известный врач Парацельс пытался опытным путём доказать самозарождение лягушек, мышей, черепаш, угрей из воды, воздуха, соломы, гниющего дерева и других неживых предметов. В XVII веке голландский врач, естествоиспытатель, основоположник теории водного питания растений Ян Баптист ван Гельмонт (1579–1644) придерживался идеи самозарождения. В подтверждение этого он провёл специальный эксперимент спонтанного получения мышей, после чего опубликовал рецепт: «Положи в тёмный шкаф зерно, накрой его грязной рубашкой и жди 21 день». Активным началом в этом опыте считался пот на рубашке.



Луи Пастер (1822–1895), французский микробиолог и химик

Утверждение Аристотеля о самозарождении жизни из неживых объектов сохраняло своё влияние на протяжении многих веков, вплоть до середины XIX века. Первые опровержения теорий абиогенеза — самопроизвольного абиогенного зарождения живых организмов — стали появляться уже в конце XVII века. Например, в 1668 году итальянский биолог и врач Франческо Реди (1626–1698) серией опытов доказал, что живое (мухи и черви) не возникает самопроизвольно из гниющего мяса, а появляется от других живых организмов. Сто лет спустя, в 1770 году, российский врач, натуралист, родоначальник метода стерилизации пищевых продуктов Мартын Матвеевич Тереховский (1740–1796), изучая микроорганизмы («анималькули»), экспериментально опроверг возможность самозарождения организмов из неживых тел. В это же время ошибочность теории самозарождения опытами на бактериях доказал и итальянский биолог Л. Спалланцани (1729–1799). Но лишь в конце 60-х годов XIX века после опытов, проведённых известным французским микробиологом Луи Пастером, поддержавшим теорию биогенеза, была доказана несостоятельность идеи о самозарождении живого из неживых объектов, а подтверждённый Пастером в 1862 году «принцип Реди» *«всё живое — из живого»* стал общепризнанным.

В конце XIX века идеи абиогенеза фактически утратили своё влияние в науке. На смену им пришли и утвердились теории биогенеза. При этом одни учёные выдвигали идею о том, что жизнь на нашей планете никогда не зародилась, а была занесена из космоса, где она якобы существует вечно (теория панспермии), другие ставили вопрос о возникновении жизни на самой Земле и её развитии в течение исторического процесса, то есть путём эволюции.

Гипотеза биохимической эволюции. Эта гипотеза была сформулирована в 1924 году российским биохимиком А.И. Опариным и независимо от него в 1929 году английским биохимиком и генетиком Дж. Холдейном. Оба они утверждали, что возникновение жизни — это результат химической эволюции, совершившейся в условиях молодой Земли. Основным материалом и объектом химической эволюции были углеродистые соединения, результатом — появление биополимеров в виде белков и нуклеиновых кислот. На их основе и возникли живые организмы.

Идеи А.И. Опарина и Дж. Холдейна являются основой современного взгляда на процесс возникновения жизни. Рассмотрим их более подробно в следующем параграфе.

1. Охарактеризуйте этапы развития представлений о происхождении жизни на Земле.

2. Какие идеи несёт в себе гипотеза панспермии?
3. В чём заключаются идеи абиогенеза?
4. Объясните значение принципа Реди, подтверждённого Пастером, «*всё живое — из живого*».
5. Как объяснить, что такие выдающиеся учёные, как Аристотель и Ж.-Б. Ламарк, придерживались взгляда на самопроизвольное возникновение живого из неживой природы — «грязи», «почвы» и т. п.?

§ 15

Современные гипотезы возникновения жизни

Вспомните:

- что утверждает гипотеза панспермии;
- различие между понятиями «биогенез» и «абиогенез»;
- имена авторов «теории» биохимической эволюции.

Современные гипотезы возникновения живого базируются на том, что жизнь — это особая форма существования материи, которая характеризуется такими фундаментальными отличительными признаками, как обмен веществ с окружающей внешней средой и самовоспроизведение.

Белково-коацерватная гипотеза происхождения жизни. Начало современной теории возникновения жизни положил российский учёный-биохимик Александр Иванович Опарин. В 1924 году он опубликовал труд «Происхождение жизни», в котором впервые сформулировал естественнонаучную гипотезу зарождения жизни на Земле — *белково-коацерватную гипотезу* происхождения живых организмов. В её основе лежала идея о том, что жизнь возникла в результате длительной эволюции органических соединений, совершившейся на нашей планете.

Согласно гипотезе Опарина, жизнь на Земле зародилась в результате целого ряда химических превращений, происходивших в течение очень длительного периода времени (миллиардов лет) в особых условиях существования тогда ещё молодой, формирующейся планеты. Этот период сопровождался мощным ультрафиолетовым излучением, сильными электрическими разрядами в атмосфере, выделением тепла в результате вулканической деятельности. Он предположил, что 4–4,5 млрд лет назад из аммиака, метана, углекислого газа, водорода и паров воды, составляющих в то время земную атмосферу, произошло абиогенное образование органических веществ, среди которых важнейшее место занимали аминокислоты и белковоподобные полимеры — полипептиды (рис. 18).

По современным представлениям, в первичном океане в ранний период существования Земли было накоплено много молекул различных органиче-



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

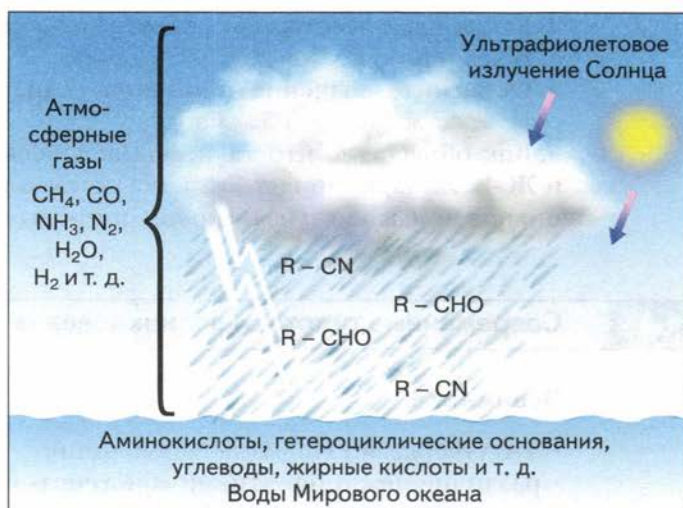


Рис. 18. Условия образования простых органических соединений на Земле

ских соединений. На этом основании воды первичного океана по предложению английского учёного Дж. Холдейна называют «питательным бульоном» или «первичным бульоном».

Основным постулатом гипотезы Опарина является возникновение предшественников жизни — пробионтов (от греч. *pro* — «перед», «раньше» и *bios* — «жизнь») — в результате спонтанного объединения белковоподобных органических соединений, плавающих в более разбавленном водном растворе, в так называемые **коацерватные капли** (или коацерваты).

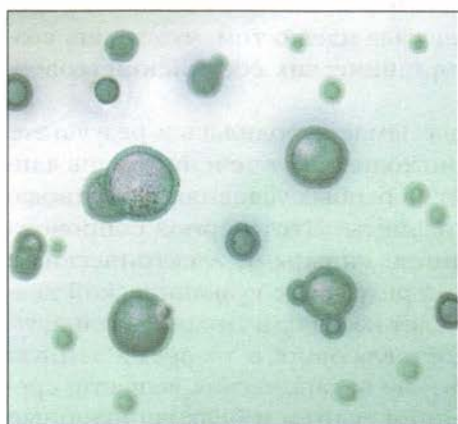


Рис. 19. Коацерватные капли, возникшие в ходе синтеза полиадениловой кислоты в присутствии белка гистона

Процесс образования таких капелек — **коацервация** (от лат. *coacervatio* — «собираение в кучу», «накопление») способствовал высокой концентрации полимеров и их обособлению от внешней среды. Позже ряд опытов, проведённых в лабораторных условиях, подтвердил возможность возникновения коацерватных капель (рис. 19).

Коацерваты фактически служили местом встречи и взаимодействия про-

стых белков, предшественников нуклеиновых кислот, углеводов и липидов, независимо возникших до этого в условиях молодой планеты и содержавшихся в «первичном бульоне».

А.И. Опарин полагал, что среди множества коацерватных капель должен был идти естественный отбор наиболее устойчивых в существовавших условиях. Способность коацерватов к адсорбции постепенно преобразовалась в устойчивый обмен веществ гетеротрофного типа (за счёт поглощения органических веществ из первичного бульона). В процессе дальнейшего естественного отбора среди коацерватов оставались лишь те, которые при растекании на дочерние коацерваты сохраняли свои свойства, то есть были способны к *самовоспроизведению*. С приобретением этих свойств коацерватная капля уже могла считаться простейшим живым организмом — *протобионтом* (от греч. *prōtos* — «первый» и *bios* — «жизнь»). Этот процесс естественного отбора шёл миллионы лет.

Другие гипотезы происхождения жизни. Гипотеза происхождения живого, впервые выдвинутая А.И. Опариним, долгое время считалась основной и завоевала широкое признание во всём мире. Однако она оставляла нерешённым 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. Он утверждал, что именно 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 Дж. Холдейн в 1929 году выдвигает *генетическую гипотезу происхождения живого*, согласно которой первоосновой появления жизни послужило возникновение дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). По гипотезе Дж. Холдейна, в основе создания пробионтов были не белки, а нуклеиновые кислоты (РНК и ДНК), поскольку они служат матрицей для синтеза белков. В доказательство этого утверждения Холдейн опирался на высказанную ещё в 1927 году американским генетиком Г.Д. Мёллером идею о том, что молекулы ДНК способны содержать «биологиче-



Джон Бердон Сандерсон Холдейн (1892–1964), английский биохимик и генетик, создатель генетической теории происхождения жизни



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

скую информацию» и могут образовывать мутации, а следовательно, накапливать полезные изменения. Благодаря молекулам ДНК протобионты (прото-клетки) и получили способность к самовоспроизведению. Решение вопроса о происхождении жизни Холдейн связывал также с изучением путей синтеза ферментов и воспроизводства генов. При этом он отмечал важную роль ультрафиолетового излучения в образовании органических молекул.

Вслед за Опариным и Холдейном подобные идеи в 50–70-е годы XX века высказывали многие учёные. Так, видный английский физик и кристаллограф Джон Бернал (1947), в отличие от Опарина, считал, что скопление органических молекул в те времена происходило не путём коацервации, а с помощью адсорбции первых полимерных молекул на поверхностях асимметричных кристаллов кварца в водной среде. Подобную точку зрения излагал и наш известный ботаник и микробиолог Николай Григорьевич Холодный. По его мнению, первоначально образовывались не белки, а углеводороды, и это произошло не в Мировом океане, а на мелководьях после появления суши.

В 1957 году американский учёный Сидней Фокс предположил, что на первобытной Земле при испарении воды из луж, остававшихся после отлива, между аминокислотами возникли пептидные связи и образовались белково-подобные соединения — олигопептиды. Из этих белковоподобных соединений могли образовываться шарообразные агрегаты с заключёнными в них органическими соединениями — *микросферы*, покрытые сверху белками. Эти образования С. Фокс называл *протеиноидами* (то есть белковоподобными) и считал, что они, подобно ферментам, могли катализировать определённые химические реакции внутри микросфер (рис. 20).

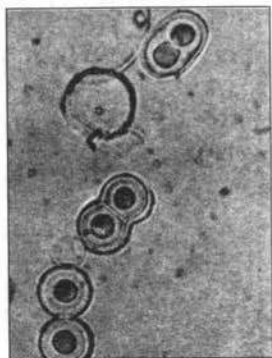


Рис. 20. Микросферы, полученные в опытах С. Фокса (средний диаметр микросфер около 2 мкм)

Дальнейшие исследования самого А.И. Опарина и исследования многих других учёных подтвердили и развили его идею о возникновении живой материи на Земле в результате длительной эволюции химических соединений. В то же время по мере изучения химии высокомолекулярных соединений и механизмов передачи наследственной информации стало очевидно, что сами белки не обладают способностью самовоспроизведения и закрепления своей приобретённой структуры. Следовательно, целый ряд положений коацерватной теории нуждался в дополнительных объяснениях. Многие из них дала генетическая гипотеза Дж. Холдейна.

Обе гипотезы привлекали внимание многих учёных, так как смогли, дополняя друг друга, решить проблему и образования протоклеток (протобионтов), и самовоспроизведения, передачи приобретённых свойств.

На основе обобщения коацерватной и генетической гипотез и обогащения их накопленными естествознанием фактами была сформулирована единая гипотеза, рассматривающая происхождение жизни как результат длительной эволюции углеродных соединений.

Эксперименты по доказательству названных гипотез. Становление концепций происхождения жизни в результате абиогенного процесса требовало доказательств, поиску которых были посвящены многие экспериментальные работы учёных всего мира. Первыми доказали возможность возникновения сложных органических веществ из неорганических соединений американские биохимики Стенли Миллер и Гарольд Юри. В 1953 году они в специально созданном приборе наблюдали, как из смеси воды, аммиака и метана под действием ультрафиолетового излучения, электрической искры и нагревания появлялись органические соединения — аминокислоты, которые, соединяясь между собой, образовывали белки. Экспериментаторам удалось получить таким же путём молекулы углеводов (различные сахара и среди них — *рибозу*), азотистых оснований (например, *аденин*) и небольшие цепи простых нуклеиновых кислот, сходных с РНК (рис. 21).

В 1965 году американский биохимик Сирил Поннаперума с сотрудниками смогли синтезировать аминокислоты и пурины (строительные блоки белков и нуклеиновых кислот) и осуществили синтез нуклеотидов и молекул АТФ, АДФ, АМФ. Биохимик Дж. Оро при умеренном нагревании смеси цианистого водорода, аммиака и воды получил аденин. Он же синтезировал урацил, рибозу, дезоксирибозу.

В 1982 году произошло сенсационное открытие, сделанное американским молекулярным биологом Томасом Чеком. Т. Чек обнаружил каталитическую (ферментативную) способность молекул РНК. Учёным экспериментально была доказана способность рибонуклеотидов в определённых условиях среды спонтанно образовывать небольшие нити молекул РНК и синтезировать свои РНК-копии без участия ферментов или других белков. Есть предположение, что возможные контакты с какими-то кристаллами минеральных веществ способствовали упорядочению появившихся молекул органических соединений. Подобное открытие взаимодействия нуклеиновых кислот с аминокислотами приводит к выводу, что на определённых этапах химической эволюции мог существовать матричный синтез не только нуклеиновых кислот, но и молекул белков. Возможно, что подобные реакции, совершаясь в протобионтах, обеспечивали появление различных полимеров, способных хранить и передавать информацию о своей структуре и о структуре собственных белков. Подобное открытие подтверждает генетическую гипотезу происхождения жизни.

Аналогичные эксперименты проводили многие учёные: А. Уилсон, К. Харада, М. Кальвин, Н. Пири, российские исследователи А.И. Опарин и его сотрудники Т.Е. Павловская, А.Г. Пасынский и др.

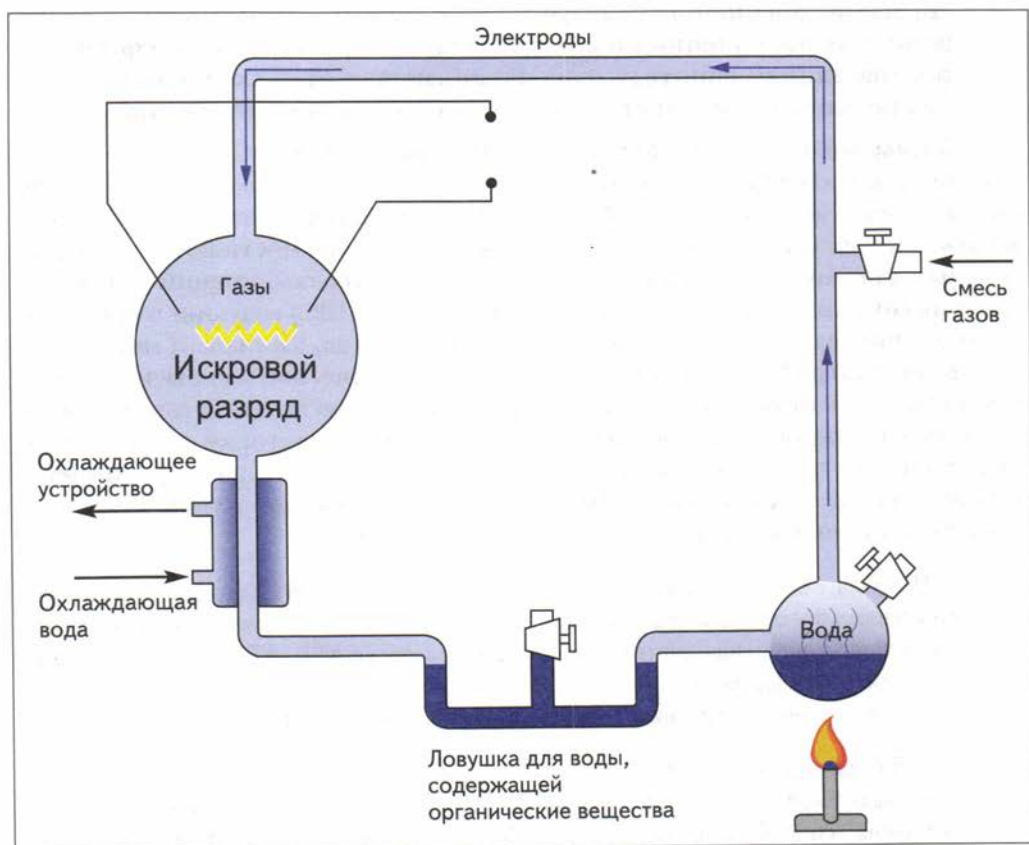


Рис. 21. Устройство аппарата С. Миллера

Их опыты свидетельствовали о том, что в условиях первобытной Земли из простых компонентов первичной земной атмосферы могли образовываться различные полимерные органические соединения, ставшие основой современной жизни. С потоками горячих ливневых дождей из атмосферы они попадали в водоёмы Мирового океана, где накапливались и постепенно, со временем создали особую водную среду, насыщенную многочисленными и разнообразными органическими веществами. Всё это могло служить основанием для возникновения элементарных живых форм.

А.И. Опарин полагал, что главную роль в этом процессе играли *белковые коацерваты*, что именно они обеспечивали обособление пробионтов друг от друга и от окружающей среды. Дж. Холдейн и другие учёные считали, что первыми биополимерами на Земле могли быть не белки, а молекулы РНК и ДНК, способные к самовоспроизведению путём репликации.

Какая из этих двух гипотез возникновения первых живых организмов — белковая (коацерватная) А.И. Опарина или нуклеиновая (генетическая) Дж. Холдейна — верна, пока ещё не решено. Обе гипотезы завоевали широкое признание, но обе и оставляют нерешённым вопрос: как произошёл переход от сложных органических веществ, находящихся в коацерватах, к элементарным живым организмам — протобионтам?

Трудным для обеих гипотез является объяснение способности возникших структур стать живой клеткой. Пока ещё не удалось экспериментальным путём доказать сам переход от неживой коацерватной капли или микросферы к живой клетке, поэтому все «теории» происхождения жизни пока называются *гипотезами*, т. е. научными допущениями, истинность которых ещё не доказана с абсолютной достоверностью (то есть экспериментально), хотя и является вполне возможной.

Однако и та и другая гипотезы в целом сходным образом определяют условия, этапы и время возникновения жизни на Земле, и обе рассматривают её происхождение как результат химической эволюции на нашей планете, обеспечившей возможность возникновения живого вещества и многообразие жизни на Земле.

- 1 Почему именно углерод стал материальной основой возникновения живых форм на Земле?
2. Поясните, почему в настоящее время на Земле невозможно возникновение жизни.
3. Какие доказательства позволяют утверждать, что органические вещества живой материи возникли на самой Земле?
4. В чём основное различие идей А.И. Опарина и Дж. Холдейна о происхождении жизни?
5. О каких ценностях жизни говорит Ю. Линник в своём стихотворении «Краски Земли»?

Пусть у нашей Земли — небольшие права полустанка:

Рядовой огонёк на грохочущем Млечном Пути.

Но гляди, как порхают лимонница и голубянка,

Этой гаммы вовек на далёких мирах не найти.

§ 16

Предыстория происхождения живого на Земле

Вспомните:

- роль круговорота веществ в существовании биосферы;
- значение живых организмов в развитии биосферы;
- кто такие «прокариоты» и «эукариоты».

Происхождение живого — важная проблема естествознания. Живое вещество, по В.И. Вернадскому, — это совокупность всего живого мира Земли в пространстве и во времени. Оно появилось на нашей планете в процессе возникновения жизни. Живое вещество Земли представляет собой продукт эволюционных изменений в космосе, строении земной коры и свойствах органического мира, длившихся несколько миллиардов лет, в результате которых на нашей планете возникло огромное разнообразие современных форм жизни.

Происхождение живого, его возникновение и многообразие с давних пор является важнейшей проблемой естествознания.

Как же происходило возникновение первоначальных живых форм? При каких условиях и где произошёл этот величайшей значимости процесс? И, наконец, сколько времени он длился?

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

Появление нашей планеты. Возраст Земли — более 5 млрд лет. Не всё ещё ясно, как она образовалась из облака космической пыли, породившей Солнечную систему. Но известно, что вначале молодая Земля была безжизненной, голый, скалистый, с достаточно холодной массой, окутываемой атмосферой из водяного пара, водорода, аммиака и метана. Это достаточно простое физико-химическое начало породило сложный комплекс земной поверхности, включая живую природу, и создало живую систему — биосферу.

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* (от греч. *prōtos* — «первый»).

Полагают, что рядом с протопланетным облаком произошёл взрыв сверхновой звезды, что сопровождалось выделением огромной энергии за счёт термоядерных реакций. Появившаяся ударная волна распространилась и на «наше» протопланетное облако, вызвав в нём уплотнение материи, термоядерные процессы и разогрев. Так возникло центральное тело системы — звезда Солнце. Периферическая часть протопланетного облака фрагментировалась на отдельные сгущённые тела — планеты. Силы гравитации Солнца удержали планеты около звезды, а более разреженные части протопланетного облака рассеялись. Это произошло около 7 млрд лет назад. Возникновение Солнца и планет Солнечной системы из единого протопланетного облака обусловили не только единство их происхождения, но и сходный химический состав этих тел.

Астрономы различают *межзвездные* и *протопланетные* облака. Межзвёздные облака обычно состоят из смеси газов и пылевых частиц микронного

размера. Среди газов преобладают водород и гелий, а также в заметных количествах содержатся H_2O , CO_2 , CH_4 , NH_3 , N_2 и др. Твёрдые частицы представлены смесью тугоплавких металлов и силикатов с самими металлами и их сульфидами. Высокая разреженность космического пространства затрудняет здесь процесс объединения (сорбции) и рост частиц. Иная обстановка создаётся в протопланетном облаке. Повышенная плотность его вещества обеспечивала частые столкновения частиц, что вело к их быстрому росту. В итоге появились первые, ещё мелкие (сантиметровые и первые метровые) тела, являющиеся зачатком будущих планет. Такие образования называют *планетезималями*. Они состоят из холодной материи. Здесь преобладают кусочки льда (H_2O) с вмёрзшими в них элементами (углерод, азот), ледяные частицы силикатов, металлов и летучие вещества (в том числе метан и аммиак). Дальнейшее уплотнение роя планетезималей ускоряло их рост, вело к появлению крупных тел (в поперечнике до многих десятков и сотен километров). У крупных планетезималей появились свои гравитационные поля, что значительно ускоряло рост этих тел и уплотнение их массы. Так из планетезималей выросла наша планета.

Рост Земли, как показывают расчёты одного из создателей современной теории планетообразования В.С. Сафронова (1969), происходил медленно, формирование до 99 % массы современной Земли растянулось на 1 млрд лет. Вначале рост шёл во все ускоряющемся режиме объединения (аккреции) крупных твёрдых тел (планетезималей), но затем, по мере их исчерпания в околоземном рое протопланетного вещества, он замедлился.

Физические явления в истории Земли. Молодая Земля первое время после своего образования была холодным космическим телом, значительно более холодной, чем современная. В её недрах температура, очевидно, не превышала температуру плавления вещества. В тот период на поверхности Земли не было ни океанов, ни атмосферы, она была лишена мантии и ядра. Первичная атмосфера Земли улетучилась в ходе распада протопланетного облака. Она состояла из газов, широко распространённых в космосе; среди них было особенно много гелия.

В ранний период истории Земли её состав, вероятно, был однородным и состоял из веществ протопланетного облака. Температура Земли по сравнению с Солнцем была невысокой (800–1000 °C), но по мере формирования её недра разогревались в результате накопления тепла при распаде радиоактивных элементов (урана, тория), вошедших в её состав. С разогревом начались процессы плавления веществ, а затем последовала и гравитационная дифференциация. Более тяжёлые вещества опускались вниз, а лёгкие поднимались вверх и образовывали земную кору. Гипотезу формирования оболочек Земли в результате перемещения глубинного вещества к её поверхности предложил российский учёный-геохимик Александр Павлович Виноградов (1895–1975).

На первом этапе (около 5 млрд лет назад) Земля была ещё сравнительно холодной, лишённой тектонических процессов. Разогрев Земли начал осу-

ществляться только за счёт процессов радиоактивного распада на планете и приливной энергии от воздействия Протолуны.

Большое значение в процессе формирования планеты Земля имело образование системы Земля — Луна. Сейчас их взаимное влияние невелико, но на первых этапах их развития оно было исключительным и привело к радикальным изменениям хода эволюций обеих планет. Это связано с тем, что Луна как спутник Земли провоцировала и существенно активизировала тектонические процессы на Земле в архейскую эру. Кроме того, Луна «раскрутила» нашу планету, определила своей орбитой наклон оси её вращения, что обусловило климатическую зональность природных явлений Земли и происхождение магнитного поля.

Современная Луна сформировалась около 4,6–4,4 млрд лет тому назад из более крупной планеты Протолуна. Но с ближайшей соседней орбиты она была захвачена приливными (гравитационными) силами растущей Протоземли. Сорванное с поверхности Протолуны вещество в форме мелких «брызг» устремилось по широкой спирали к Протоземле. Эти «брызги» могли сразу не попасть на поверхность Протоземли, поэтому она в течение какого-то периода, подобно Сатурну, могла быть окружена кольцом вращающихся мелких метеоритных тел. Под действием сил инерционной отдачи Протолуна переместилась на более отдалённую орбиту, где и сформировалась современная Луна. Отодвигание орбиты молодой Луны от Земли спасло её от полного разрушения (рис. 22).

После разрушения Протолуны и захвата части её внутреннего вещества и железного ядра, а также из-за разогрева, расплавления и дифференциации

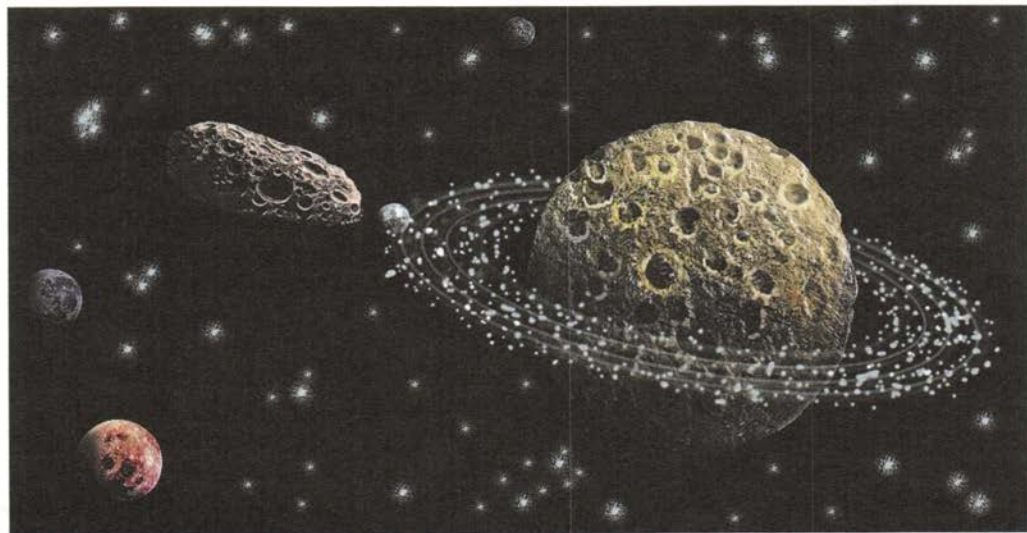


Рис. 22. Картина разрушения Протолуны в пределах влияния на неё Протоземли

Земля приобрела прямое вращение. А сама Луна, сформировавшись из оставшегося силикатного вещества внешней части разрушенной Протолуны, вызывала на Земле интенсивные землетрясения, обусловленные лунными «приливами», амплитуда которых достигала от десятков метров до километра.

Дифференциация химического вещества на Земле привела к образованию не только ядра, но и мантии Земли.

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

Основу мантии составили более лёгкие силикаты, из которых формировалась литосфера. Поверхность Земли в это время, видимо, активно подвергалась эрозии (разрушению). Учёные предполагают, что в ходе эрозии и связанных с ней процессов в мантии образовалась земная кора. Вулканизм и эрозия способствовали формированию сложного рельефа планеты.

1. В каких условиях произошло возникновение нашей планеты?
2. В чём отличие первичной атмосферы Земли от современной атмосферы?
3. Охарактеризуйте примеры физической эволюции в свойствах Земли.
4. Почему на Земле имеется вода?

§ 17

Физико-химическая эволюция планеты Земля

Вспомните:

- условия возникновения живого на Земле;
- гипотезу происхождения жизни А.И. Опарина;
- гипотезу происхождения жизни Дж. Холдейна.

Образование континентов. После поднятия температуры верхней части мантии до 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. С перегревом верхней мантии возникла резкая гравитационная неустойчивость земных недр, так как под

слоем тяжёлых расплавленных веществ в центральной части Земли находилось более лёгкое вещество, не прошедшее гравитационную дифференциацию. Этот процесс завершился катастрофически быстрым стеканием железных и окисножелезных расплавов к центру планеты, в результате чего произошло образование плотного земного ядра. Этот процесс физической эволюции в развитии планеты сопровождался возникновением в мантии сильных конвективных потоков, приведших к образованию возле одного полюса огромной континентальной плиты — суперконтинента Монгозеи, или Пангеи (от лат. *pan* — «всё» и *Гея* — в древнегреч. мифологии — богиня Земли). В этот период возникло дипольное магнитное поле Земли современного типа. Это произошло около 2,6 млрд лет назад на границе архея и протерозоя.

Химические процессы ранней Земли. Отсутствие атмосферы у молодой Земли было связано с тем, что газы (то есть «первичная» атмосфера) из протопланетного облака были потеряны раньше, чем растущая Земля стала настолько массивной, чтобы своим тяготением удерживать заметное количество газа на поверхности. Лишь достигнув значительных размеров в результате накопления падавших на поверхность Земли частиц веществ и тел из окружающей пространства, масса планеты стала способной удерживать газы.

Основным источником газов, поступающих в атмосферу, была сама планета. Полагают, что в ней содержались пары воды и газы: CO_2 , CO , N , H_2 , CH_4 и NH_3 . Точный состав атмосферы пока до конца не выяснен, но установлено то, что древняя атмосфера была бескислородной из-за высокой реакционной способности атомов кислорода.

Переход воды из газообразного в капельножидкое состояние, выделение газов из недр Земли, а следовательно, и образование атмосферы происходило около 4 млрд лет назад. Затем начали формироваться первые мелководные изолированные морские бассейны, которые впоследствии объединились в единый неглубокий Мировой океан, обеспечивший развитие и расселение живого мира.

Насыщение водой слоя коры под океаном 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 и очень сильному оледенению (Гуронское оледенение), которое покрыло льдом фактически все континенты того времени. Гуронское оледенение явилось самым сильным и продолжительным оледенением за всю геологическую историю Земли.

При разогревании недр Земли из её внутренних зон происходило выделение газовых компонентов на поверхность планеты. Таким путём была создана древняя, собственная земная атмосфера, а происходящие в то время химические реакции определили её 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. Вода в парообразном состоянии образовала сплошную пелену облаков (рис. 23).

Формирование нашей планеты происходило на протяжении длительного периода времени и сопровождалось бурно и сложно протекавшими физическими и химическими процессами. Они, несомненно, осуществлялись с поглощением свободного кислорода при образовании кремнекислоты и ряда других компонентов магматических пород. Поэтому в атмосфере Земли свободного кислорода не было.

Первичный кислород мог появляться в результате воздействия на молекулы углекислого газа ультрафиолетовой радиации Солнца, а также других космических излучений. Но все запасы появляющегося кислорода полностью расходовались на процессы окисления.

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

Насыщение водой слоя коры под Мировым океаном произошло около 2,2 млрд лет назад. Это вызвало активное вымывание металлического железа из мантии, которого там содержалось до 5 %. Вымываемое железо в форме двухвалентного гидроксида стало разноситься по всему океану. Окисляясь до трёхвалентного, оно отлагалось на дне, особенно по мелководьям. Около 600 млн лет назад свободное железо исчезло из мантийного вещества. Исчез-

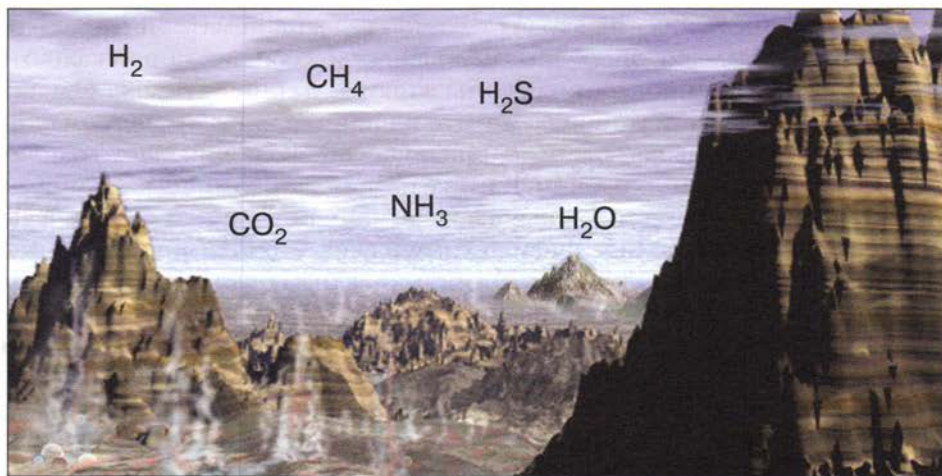


Рис. 23. Миллиарды лет назад в процессе формирования Земли выделившиеся из её недр газы образовали атмосферу, состав которой определили бурно протекающие химические реакции. Первичная атмосфера Земли была бескислородна

новение такого активного поглотителя кислорода, как металлическое железо, незамедлительно отразилось на увеличении количества свободного кислорода в атмосфере. Это произошло на границе протерозоя и палеозоя. Этому же рубежу соответствует появление многоклеточности у живых организмов.

Химический состав живой материи. В состав живой материи входят практически все химические элементы Земли (вспомните соотношение химических элементов Земли и живого вещества, см. § 15, гл. 2). Однако больше всего здесь представлены те химические элементы, которые входили в состав первичной атмосферы Земли: водород, кислород, углерод, азот и сера. Именно из них 3,9 млрд лет назад возникли удивительно сложные и разнообразные молекулярные формы — органические соединения, обеспечившие появление живой материи. Миллионы лет шёл этот процесс, объединивший несколько простых органических соединений первобытной земной атмосферы в грандиозный комплекс органических веществ, которые составляют нынешнюю живую материю. Уникальную роль в этом процессе сыграл элемент *углерод*, ставший основой создания органических соединений.

Главнейшее свойство углерода — это способность создавать связанные ряды его атомов в виде прямых и разветвлённых цепочек и колец. В эти «скелеты» молекул органических соединений встроены атомы водорода, кислорода и азота с добавлением в небольшом количестве атомов других веществ, таких как сера, фосфор и различные металлы (железо, медь, магний и др.). Сложность строения и разнообразие органических веществ чрезвычайно велики. Большинство из них входит в состав тел живой материи.

Этапы появления биосферы. Человечество с давних пор искало ответ на вопрос: каким был процесс появления живой материи на Земле? Однако только в середине XX века установлено, что одновременно с процессом формирования и развития нашей планеты (физической эволюции) шёл грандиозный процесс химической эволюции. В итоге из простых химических компонентов первичной атмосферы первоначально возникли простые органические соединения, а из них в ходе физико-химических и биохимических процессов возникли сложные (полимерные) органические соединения, обусловившие возможность появления жизни (рис. 24).

Таким образом, появлению жизни на Земле предшествовал этап длительной физической, химической, а также геологической и климатической эволюции нашей планеты. Наиболее существенные физические и геоморфологические события произошли 6–5 млрд лет назад, а основные физико-химические и биохимические события — 4–3,9 млрд лет назад. Именно в этот период в особых термодинамических условиях из сложных органических соединений шло возникновение примитивнейших форм жизни, послуживших началом огромного разнообразия видов и форм живой материи. Появив-

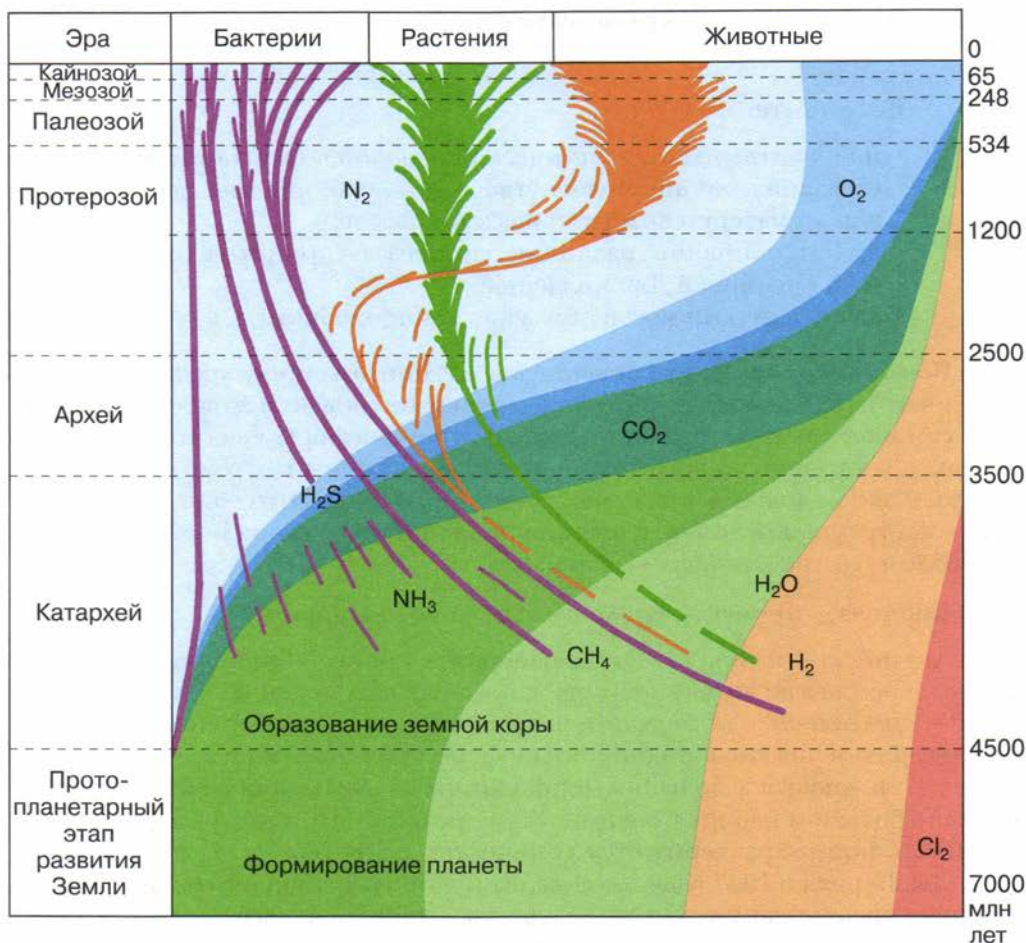


Рис. 24. Схема эволюции среды и жизни на Земле

шись около 3,5 млрд лет назад, мир живых организмов вскоре заселил нашу планету, создав на ней особую сферу, новую географическую оболочку Земли — биосферу.

С появлением живого вещества на планете возникает биосфера.

1. Охарактеризуйте физико-химические процессы, обеспечившие появление жизни.
2. Назовите этапы появления биосферы.
3. О чём свидетельствует сходство химического состава неживой и живой материи?

Вспомните:

- почему углерод стал химической основой возникновения живого;
- по какой причине можно утверждать, что органические вещества живой материи возникли на самой Земле;
- в чём основное различие гипотез о происхождении жизни А.И. Опарина и Дж. Холдейна;
- какими путями могли образоваться протобионты.

Понятие «биопозэ». Все существующие гипотезы происхождения жизни объясняют и показывают возможные пути возникновения живого. К сожалению, сам переход коацерватной капли или микросферы в состояние живой клетки, в состояние живого пока не доказан опытным путём, хотя учёные очень близко подошли к решению данной проблемы. Этот этап перехода от неживой структуры к живой клетке по предложению Джона Бернала назвали *биопозэом* (от греч. *poiēsis* – «творчество»).

**Биопозэ — процесс перехода от неживого к живому.**

Английский химик Н. Пири изобразил процесс биопозэа и развитие жизни на Земле в виде двух конусов, напоминающих песочные часы. Нижний конус — *преджизнь* с её большим числом элементов, участвующих в процессах, идущих в бескислородной атмосфере. Верхний конус — *развитая жизнь*, отличающаяся большим морфологическим разнообразием и основанная на небольшом наборе биохимических реакций. При этом всё разнообразие живых форм характеризуется химическим единством (рис. 25).

Дж. Бернал в 1947 году тоже выделил этапы возникновения и развития жизни на нашей планете. Он назвал шесть этапов биопозэа: 1 — образование органического вещества в условиях первичной атмосферы; 2 — возникновение полимерных соединений; 3 — объединение молекул в дискретные группы (процесс коацервации); 4 — формирование оболочек, или мембран, вокруг образовавшихся коацерватов; 5 — появление метаболизма — обмена веществом с внешней средой; 6 — способность к воспроизводству (размножению).

Американский учёный, биолог и эволюционист Верне Грант всю историю Земли делит на *четыре стадии* в соответствии с преобладающими процессами в её развитии: 1) *атомная эволюция*, в процессе которой происходили ядерные реакции, приводившие к образованию водорода, а затем к построению из него других атомов; 2) *химическая эволюция*, в процессе которой атомы объединялись с образованием сложных химических веществ, в том числе неживых органических молекул; 3) *органическая эволюция*, к которой относятся все события, начиная от возникновения жизни и до по-



Рис. 25. Схема возникновения и развития жизни на Земле

явления высших животных; 4) *культурная эволюция*, то есть накопление и передача из поколения в поколение культурного наследия, начавшаяся после того, как человек поднялся в своём развитии выше животного.

Этапы химической эволюции на Земле. Уже отмечалось, что в ходе химической эволюции на молодой Земле образовалась значительная масса низкомолекулярных органических соединений (и их блоков) — мономеров, которые впоследствии вошли в состав основных полимерных соединений — белков и нуклеиновых кислот. Образование мономеров — первый этап химической эволюции и происхождения жизни на Земле. Но процесс химической эволюции на этом не останавливается. Следующим её этапом оказывается полимеризация, то есть образование полимеров и биополимеров из имеющихся мономеров. На этом этапе происходят процессы *самосборки* полимеров. Как утверждают учёные, процесс полимеризации инициируется самими мономерами из-за разной химической природы дипольных молекул мономеров. При этом сборка молекул белков и нуклеиновых кислот сопро-

вождается дегидратацией (выделением воды) и конденсацией (скручиванием) их молекул.

Существуют две модели полимеризации биополимеров. Первая модель была предложена в начале 50-х годов XX века американским биохимиком лауреатом Нобелевской премии (1961) Мелвином Кальвином. Он утверждал, что сборка крупных молекул происходила в Мировом океане. Но поскольку дегидратация в водной среде затруднена, то, по его мнению, реакции синтеза и накопление полимеров происходили в присутствии активного поглотителя воды — цианистого водорода и его производного — дицианамида. Причём основным условием протекания таких реакций должна была быть щелочная среда (рН 8–9). Вероятно, такие условия сложились не в толщах вод Мирового океана, а на мелководье.

Другая модель полимеризации биополимеров выдвинута в 1957 году исследователем предорганизмов (микросфер) С. Фоксом. По его мнению, полимеризация протекает не в воде, а на территориях, лишённых воды, вблизи действующих вулканов. Для доказательства своей модели Фокс провёл эксперимент: безводную смесь аминокислот подвергали воздействию высокой температуры (до 170 °C). Оказалось, что аспарагиновая и глутаминовая кислоты плавятся и создают необходимую для реакций жидкую среду. В такой среде Фоксу удалось получить крупные полимеры, содержащие до 18–23 аминокислот.

Экспериментально были доказаны возможные пути и условия полимеризации (поликонденсации) предбиологических полимеров. Однако дальнейшее преобразование этих полимеров и объединение в надмолекулярные системы (коацерваты и микросферы) возможно было только в Мировом океане. Именно в нём — в «первичном бульоне» возникли условия для появления вторичных объёмных структур, крупные молекулы биополимеров могли приобретать трёхмерную пространственную структуру, благодаря чему и возникли надмолекулярные системы открытого типа — коацерваты и микросферы.

Интересно, что А.И. Опарин, С. Фокс и другие учёные специально обсуждали вопрос об открытости возникающих систем. Исследователи единодушно пришли к выводу, что в ходе химической эволюции возможно образование только открытых систем, существующих и усложняющихся за счёт внешних источников энергии.

Этапы появления жизни на Земле. Современная теория естествознания, характеризуя процесс возникновения жизни, условно выделяет четыре этапа: 1) синтез простых (низкомолекулярных) органических соединений из газов первичной атмосферы; 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, отделённых от внешней среды белковыми

мембранами; 4) появление примитивных клеток, обладающих свойствами живого организма и способных к самовоспроизведению. Четвёртый этап — последний в создании жизни на Земле. После этого начался процесс эволюционного развития живого мира, или биологическая эволюция.



Первые три этапа отражают период химической эволюции в развитии жизни, а четвёртый этап является началом исторического развития живого, то есть началом биологической эволюции.

Таким образом, согласно современным взглядам жизнь на нашей планете первоначально зародилась как результат *химической эволюции* (абиогенеза), а усложнение жизни и появление большого разнообразия живого на Земле произошло в результате *биологической эволюции* (биогенеза) — более поздней стадии, идущей вслед за химическим этапом развития жизни. Опарин пишет: «Всё более очевидным становится тот факт, что дарвиновская (биологическая) эволюция — это лишь сияющая вершина айсберга, почти девять десятых которого скрыто от нашего взгляда».

Эволюция химических соединений как основы жизни началась с момента физического и химического формирования планеты Земля — около 6–5 млрд лет назад.



Учёные считают, что первые живые формы на Земле появились примерно 3,9–3,5 млрд лет назад.

Около миллиарда лет длился абиогенез — медленно идущий геохимический процесс, давший нашей планете первые живые формы в виде живой клетки. Эволюция пробионтов завершилась появлением примитивных организмов, обладавших белоксинтезирующим и генетическим механизмами и обусловленным ими обменом веществ. С этого момента начались этап биогенеза и развитие биосферы.



С появлением живого на Земле возникает биосфера как следствие взаимодействия живых организмов и окружающей среды.

Начало существования биосферы. Живые формы стали мощным фактором геохимических изменений и изменчивости самого органического мира. Поглощение органических и минеральных веществ из окружающей среды обеспечивало возможность существования первичных организмов. Между средой и организмами возник круговорот веществ, свидетельствующий о появлении глобальной биологической системы — *биосферы*.

Первые живые организмы были одноклеточными, очень примитивными, подобными ныне существующим прокариотам (бактериям, архебактериям). Они были гетеротрофами, использовавшими для жизнедеятельности абиогенные органические молекулы, растворённые в воде. Однако со временем живые организмы исчерпали земные запасы органических веществ «пер-

вичного бульона», служившие им пищей. Одновременно с истощением пищевых запасов в окружающей среде стали появляться другие типы питания — паразитизм, хищничество и сапротрофность. Позже на Земле появились первые фотосинтезирующие организмы, создающие органические вещества и накапливающие энергию. Они сами оказались пищевым объектом. Наступил период *появления симбиотических структур и связей*, возникли более сложные организмы — *эукариотические клетки*.

Одновременно с появлением фотосинтеза земная кора и атмосфера приобрели и стали накапливать свободный кислород. Некоторая его часть превратилась в озон, благодаря чему поверхность земного шара получила существенную защиту от ультрафиолетовой радиации, препятствующей развитию жизни.

С появлением свободного кислорода стали возможными более совершенные формы метаболизма и возникло огромное количество эволюционных ветвей разнообразных растений, животных и грибов, которые начали заселять не только водную часть планеты, но и сушу. Одновременно с этим при участии растений и микроорганизмов на твёрдой поверхности литосферы стала формироваться почва. В результате сложилась чрезвычайно сложная система взаимоотношений разнообразных форм жизни. Взаимодействие различных организмов с окружающей средой создало глобальный биологический круговорот веществ и поток энергии, чем определило развитие биосферы на Земле.



Биосфера возникла в момент появления живых организмов, взаимодействующих с окружающей их средой.

Жизнь, однажды возникнув на Земле в процессе физической эволюции, пройдя химическую эволюцию, подхваченная затем биологической эволюцией, продолжается и в настоящее время. Это происходит потому, что жизнь порождает жизнь («клетка от клетки»), обеспечивая её непрерывность, бесконечность и огромное разнообразие форм.

1. Какие этапы биопоза обусловлены химической эволюцией на Земле?
2. Охарактеризуйте процесс развития жизни на Земле по модели английского химика Н. Пири.
3. Поясните, как протекал процесс появления биосферы на Земле.
4. В чём отличие идеи абиогенеза современного естествознания от идей абиогенеза учёных античного мира?
5. Укажите различие между понятиями «химическая эволюция в происхождении жизни» и «биологическая эволюция в происхождении жизни».

Вспомните:

- когда и в каких условиях возникла жизнь на Земле;
- почему жизнь существует на Земле непрерывно в течение миллиардов лет;
- как жизнь распространилась по земному шару.

Этапы эволюции жизни на Земле. Биологическая эволюция, или просто *эволюция* (от лат. *evolutio* — «развёртывание»), — это необратимый процесс прогрессивного развития живого мира, совершающийся на Земле. В ходе эволюции происходит усложнение свойств живого, обеспечивающее более устойчивое его существование в биосфере. Крупные и мелкие преобразования свойств, строения и функций организмов, появляющиеся в процессе эволюции, обеспечивали качественно новые возможности для освоения ресурсов внешней среды. Особенно значимыми в историческом развитии живой материи оказались крупные преобразования, имеющие значение для организмов в целом и ведущие к общему биологическому прогрессу.

В историческом развитии органического мира чётко прослеживается наличие целого ряда этапов, свидетельствующих об усложнении и совершенствовании свойств организмов. Они наблюдаются уже на самых ранних этапах существования живого. Важнейшим из них является появление многообразия прокариот и эукариот.

Роль прокариот в эволюции биосферы. Первые организмы появились в водной среде. Это были примитивные одноклеточные организмы — прокариоты (от греч. *pro* — «раньше», «перед» и *karyon* — «ядро»), но они обладали белоксинтезирующим и генетическим аппаратами, обеспечивающими им обмен веществ и передачу наследственных свойств при размножении. По типу питания первые прокариотные организмы были в основном *гетеротрофами*, то есть питались готовыми органическими веществами. Однако есть данные, что уже на самых ранних этапах существования живых существ среди прокариот появились и *автотрофы*.



Появление автотрофов среди прокариот — крупное событие в эволюции живого мира.

Среди автотрофов — организмов, самостоятельно образующих органическое вещество из неорганических соединений, различают *фототрофов*, создающих органические соединения за счёт энергии Солнца, и *хемотрофов*, живущих за счёт энергии, высвобождающейся при химических реакциях окисления неорганических соединений (молекулярного водорода, окиси углерода, соединений серы или азота и др.).

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

Пока питательные вещества в окружающей водной среде были в избытке, это свойство не давало преимуществ в существовании организмам, имеющим активные пигменты. Но 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, обеспечивая их выживание в конкурентной борьбе за существование.

Особенно важным для развития живой природы оказалось появление *хлорофилла* — зелёного пигмента, способного улавливать энергию солнечного света и осуществлять фотосинтез. Появление фотосинтеза произошло примерно 3,9 млрд лет назад. Оно стало крупнейшим прогрессивным событием в эволюции живого мира.

Совместное существование автотрофов и гетеротрофов уже на самых ранних этапах развития жизни создавало возможность одним организмам питаться органикой, создаваемой другими организмами. При этом сформировались разные типы питания: хищничество, паразитизм, симбиотрофизм и сапрофагия (от греч. *sapros* — «гнилой» и *phagos* — «пожирающий»). Организмы образовывали некоторые комплексы, совместно существовали во взаимоблагоприятных условиях. Поэтому можно считать, что уже в первобытные времена жизнь на Земле развивалась в природных сообществах (экосистемах).

Роль эукариот в эволюции биосферы. Очень крупным событием, также имеющим исключительно важное значение в эволюции живого мира, было появление эукариот (от греч. *eu* — «хорошо», «полностью» и *karyon* — «ядро»). Это произошло около 1,5 млрд лет назад. До этого времени все существовавшие тогда представители живого мира были прокариотами (бактерии, архебактерии, цианобактерии). Эукариоты, в отличие от них, имеют в клетках хорошо оформленное ядро, в котором находятся хромосомы с заключёнными в них нитями ДНК, и содержат 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. Пышный расцвет эукариотных форм жизни привёл к возникновению в органическом мире таких крупных ароморфозов, как *многоклеточность* и *половое размножение*, обеспечивающее развитие организмов из зиготы (рис. 26).

Развитие организма из *зиготы*, которая образуется при слиянии половых клеток двух родительских организмов, послужило началом регулярного появления и закрепления новых качеств у дочерних организмов, что позволяло последующим поколениям лучше приспосабливаться к жизни в изменяющихся усло-

виях среды. После этого события, произошедшего около 1,9 млрд лет назад, заметно ускорились процессы прогрессивного развития живого.

Благодаря происходящим физико-химическим изменениям в биосфере формировалась атмосфера, в которой начал накапливаться *свободный кислород*. Вскоре произошла так называемая кислородная революция: установилась достаточно устойчивая концентрация свободного кислорода — 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 (1200–600 млн лет назад).

Живая природа «откликнулась» на это событие появлением организмов с аэробным обменом веществ. У организмов-аэробов появилось кислородное дыхание, обеспечивающее клетку большим количеством энергии.

Появление фотосинтезирующих организмов, особенно эукариот — водорослей, ускорило накопление свободного кислорода в атмосфере. Уже на границе силура и девона содержание свободного кислорода в атмосфере достигло 10 % от современного уровня, 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. Важным событием в эволюции органического мира был *выход живых организмов на сушу*. Первыми это сделали бактерии и цианобактерии. Учёные полагают, что это произошло около 3,5–3,2 млрд лет назад, то есть задолго до появления эукариот. Выйдя на обмелевшие участки суши, прокариоты начали процесс образования почвы. Спустя большой период времени на сушу вышли и эукариоты — растения, животные и грибы. Это произошло около 500–450 млн лет назад. С этих пор эволюция живого мира шла не только в водной, но и в наземно-воздушной среде.

Первые растения, вышедшие на сушу, поселились на влажных прибрежных участках вдоль пресных водоёмов. Это были теперь уже давно вымершие многоклеточные растения — риниофиты, произошедшие от зелёных многоклеточных водорослей (рис. 27). Почти одновременно с растениями на сушу вышли и первые животные — ракоскорпионы из паукообразных.

Выход живых организмов на сушу обусловил появление у них в процессе эволюции разных приспособительных свойств. У растений сформировались система почвенного (минерального) питания — корни и система воздушного (углеродного) питания — побеги.



Рис. 26. Отпечатки червей на выветренной поверхности известняка (1200–600 млн лет назад, протерозой)

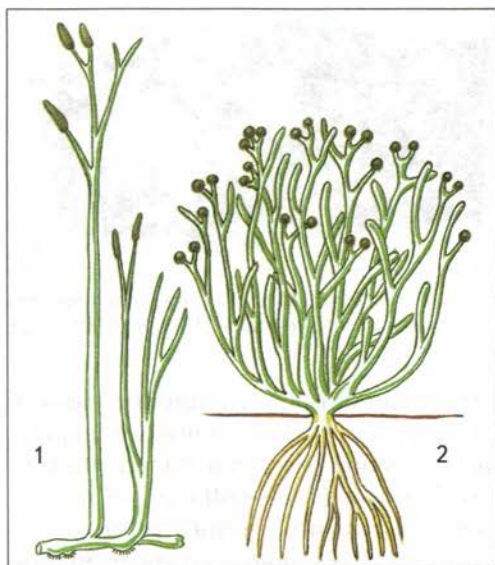


Рис. 27. Первые наземные растительные организмы: 1 — риния; 2 — куксония

площадь соприкосновения растений с внешней средой, откуда они добывали неорганические вещества для воздушного и почвенного питания (рис. 28).

На суше организмы столкнулись с обилием света, его суточным и сезонным ритмом яркости и продолжительности. Это обусловило появление организмов, ведущих ночной или дневной образ жизни. При этом у многих видов наблюдалась выработка совместных, сопряжённых друг с другом ритмов развития. Для лучшего улавливания света у растений развились листья. Эти и многие другие черты приспособленности появились у организмов в процессе эволюции в связи с тем, что они вышли из водной среды в новые разнообразные условия наземно-воздушной среды.

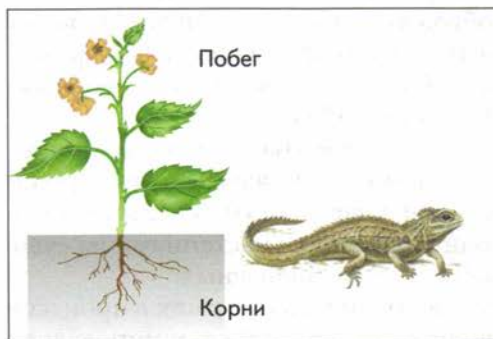


Рис. 28. Растение и четвероногое животное

В условиях сухости наземной среды у организмов возникли плотные покровы, сохраняющие влагу. 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 у животных возникли панцири и скелеты, а у растений — 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 добывали неорганические вещества для воздушного и почвенного питания (рис. 28).

Выход растений и животных на сушу произошёл сравнительно недавно в истории Земли. Но к этому времени в водах Мирового океана и пресных водоёмах жизнь уже достигла достаточно высокого уровня развития. За многие миллионы лет путём длительной эволюции здесь появи-

лись разнообразные бактерии, цианобактерии, простейшие, многоклеточные животные, растения и грибы. Значительная часть их вымерла, но многие группы древних организмов или производные от них существуют и в наше время.

Как в водной среде, так и на суше жизнь различных организмов протекала совместно — в сообществах (биогеоценозах). Распространяясь по земной поверхности, сообщества живых организмов всё более и более меняли её облик и создавали особые условия жизни на этих территориях. С появлением высокорослых растений и разнообразных животных образовывались такие природные сообщества, которые не только по горизонтали, но и по вертикали многометровым слоем жизни охватывали поверхность суши. При этом различные виды, обитая в сообществах рядом друг с другом, в процессе эволюции вырабатывали разные приспособительные свойства к совместной жизни.



Совместная жизнь различных видов в природных сообществах, появившаяся в биосфере ещё на заре развития живого мира, является чрезвычайно 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 следует 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.
 - Этапы эволюции растений.
 - Этапы эволюции животных.
 - Этапы эволюции микроорганизмов.
 - Роль вирусов в эволюции живого мира.

§ 20

Хронология развития жизни на Земле

Вспомните:

- этапы развития жизни на Земле;
- особенности прокариотических и эукариотических клеток;
- значение ароморфозных явлений в эволюции биосферы.

История развития жизни на Земле. Первые живые существа появились на Земле примерно 3500–3900 млн лет назад. Именно живые организмы, взаимодействуя с неорганической средой, обусловили появление уникальной живой системы — биосферы. Формирование первичных организмов

и развитие их многообразия происходило в водной среде, которая по насыщенности органическими и неорганическими веществами была подобна бульону.

Геохронологическую 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 всё очень крупные промежутки времени в истории нашей планеты, обычно выражаемые в миллионах лет. Их обозначение и определение их продолжительности проводится на основе изучения ископаемых остатков, а также с учётом данных геологии, геохимии, геофизики, биогеографии, систематики и других свидетельств о крупных изменениях в лике Земли (в газовом составе атмосферы, в соотношении воды и суши, интенсивности горообразования и движения материковых плит, наступлении материковых оледенений и других изменений в климате, в содержании продуктов радиоактивного распада в минералах и горных породах, в географии живого населения Земли).

Первый эон, явно подтверждённый ископаемыми находками промежуток времени в истории Земли, получил название — *фанерозой* (от греч. *phaneros* — «явный», «открытый» и *zoē* — «жизнь»). Его начало по абсолютному исчислению времени — около 534 млн лет назад.

Второй эон — более ранний промежуток времени, предшествующий фанерозою, назван *криптозоем* (от греч. *kryptos* — «скрытый» и *zoē* — «жизнь») за исключительную бедность сохранившихся органических остатков существующей тогда жизни. Криптозой часто называют *докембрием*. Его продолжительность по абсолютному исчислению времени составляет около 4900–4500 млн лет, то есть около 85 % всей геологической истории планеты Земля.

В истории Земли, в двух эонах, выделяют шесть эр: *катархей* (ниже древнейшего), начался около 4500 млн лет назад; *архей* (древнейший) — 3500 млн лет назад; *протерозой* (первичная жизнь) — 2500 млн лет назад; *палеозой* (древняя жизнь) — 534 млн лет назад; *мезозой* (средняя жизнь) — 248 млн лет назад; *кайнозой* (новая жизнь) начался 65 млн лет назад и продолжается по настоящее время (табл. 5).

Таблица 5

Шкала геологического времени Земли

Эон (зонотема)	Эра (эратема)	Период (система)	Изотопные датировки (млн лет)
Фанерозой	Кайнозой	Четвертичный (антропогенный)	1,8
		Неогеновый	25

Эон (эонотема)	Эра (эратема)	Период (система)	Изотопные датировки (млн лет)
Фанерозой	Кайнозой	Палеогеновый	65
	Мезозой	Меловой	136
		Юрский	190–195
		Триасовый	248
	Палеозой	Пермский	280
		Каменноугольный	345
		Девонский	400
		Силурийский	435
		Ордовикский	500
		Кембрийский	534
Криптозой (докембрий)	Протерозой		2500
	Архей		> 3500
	Катархей		4900–4500

Общий возраст Земли — около 7000 млн лет. Примерно 2500–2000 млн лет ушло на формирование самой планеты, а возникновение живых организмов заняло период около 1000 млн лет. Это событие произошло на границе между катархеем и археем. До середины палеозоя жизнь развивалась только в воде (рис. 29).

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

Катархей. В этот период истории развития жизни образовался «первичный бульон» в водах Мирового океана и начался процесс коацервации.

Архей. Появляются первые живые прокариотные организмы: бактерии и цианобактерии. Осадочные породы (возрастом 3,1–3,8 млрд лет) подтверждают их наличие в этой эре. Возникла биосфера. Архей — это эра расцвета прокариот. Появление цианобактерий (около 3,2 млрд лет назад) свидетельствует о наличии фотосинтеза и присутствии активного пигмента хлорофилла. В архее (примерно 1,5 млрд лет назад) появляются первые эукариоты. Сре-

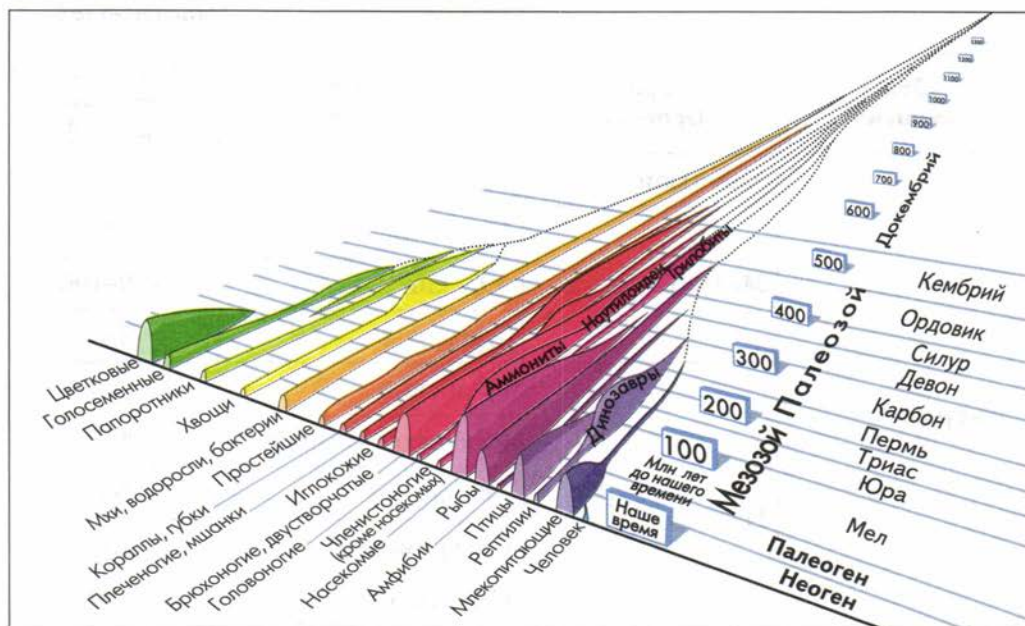


Рис. 29. Схема истории (эволюции) жизни на Земле

ди них организмы: одноклеточные водоросли (зелёные, жёлтозелёные, золотистые и др.) и простейшие — жгутиковые (эвгленовые, вольвоксовые), саркодовые (амёбы, фораминиферы, радиолярии) и др. В архее произошёл выход бактерий на сушу и начался активный процесс почвообразования.

На границе между архейской и протерозойской эрами появились *половой процесс* и *многоклеточность*. Началось формирование многоклеточных животных (беспозвоночных) и растений (водорослей).

Протерозой — огромная по продолжительности эра. Эукариотные формы живых организмов здесь пребывают в расцвете и по своему разнообразию намного опережают прокариот. Появление многоклеточности и дыхания обусловило прогрессивное развитие и среди гетеротрофов, и среди автотрофов. Наряду с плавающими формами (водорослями, простейшими, медузами) появляются прикрепленные ко дну («сидячие») или к другому субстрату: нитчатые зелёные, пластинчатые бурые и красные водоросли, а также губки, кораллы. Появились ползающие организмы, например кольчатые черви. Они дали начало моллюскам и членистоногим. Наряду с различными кишечнополостными животными появляются сегментированные животные вроде кольчатых червей и членистоногих (ракообразные).

Палеозой — эра, которая характеризуется достаточно большими находками ископаемых организмов. Они свидетельствуют о том, что в водной сре-

де (солёных и пресных водоёмах) имеются представители почти всех основных типов беспозвоночных животных. В пресных, а затем и в морских водах появились разные позвоночные — бесчелюстные и рыбы. От предков костистых рыб возникли кистепёрые, которые позже (в меле) почти полностью вымерли, но в середине девона от кистепёрых произошли наземные позвоночные (древние амфибии).

В середине палеозойской эры произошёл выход животных, растений и грибов на сушу. Началось бурное развитие высших растений. Появились моховидные и другие споровые растения. Образуются первые леса из гигантских папоротников, хвощей и плаунов. Но в конце палеозоя все они вымирают и дают основу образования залежей каменного угля (поскольку в природе ещё не было достаточного количества животных, поедающих эту растительную массу). Появились животные, дышащие воздухом. По всей Земле распространились пресмыкающиеся (среди них есть растительноядные и хищные), возникли насекомые (рис. 30).

Мезозой часто называют эпохой рептилий. Они представлены здесь разнообразными формами: плавающими, летающими, сухопутными, водными и околотовными. Существова на Земле несколько миллионов лет и достигнув

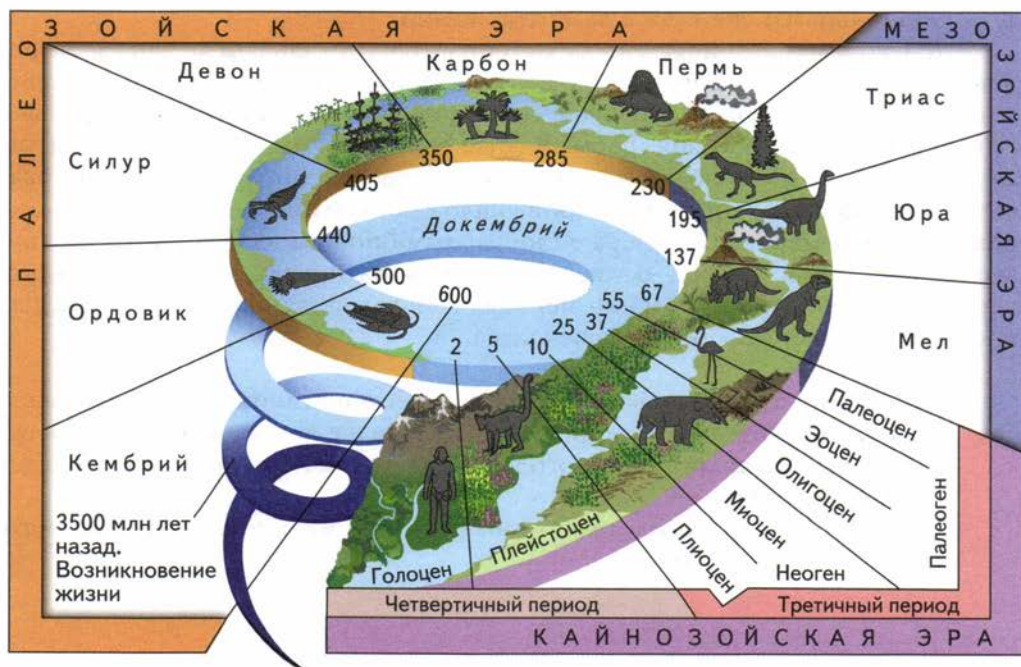


Рис. 30. Эволюция органического мира и геологическое время

большого расцвета, рептилии почти все вымирают к концу мезозоя. Появляются птицы и примитивные млекопитающие (яйцекладущие и сумчатые), а немного позже — плацентарные. С изменением климата — похолоданием и сухостью на Земле широко распространяются голосеменные растения, особенно хвойные. Возникают первые покрытосеменные растения, 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 известных нам царств живой природы. Среди покрытосеменных растений появились травы и кустарники. Большие территории земной поверхности заняли степи и луга. Сформировались все основные типы природных биогеоценозов. В эту эру появился человек как особый вид живых существ. С появлением человека и развитием его культуры началось формирование культурной флоры и фауны. Возникли агроценозы, сёла 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. Изменения в природе под воздействием человеческой деятельности ведут к серьёзным изменениям в развитии жизни.

Как видим, история Земли характеризуется уникальным явлением: на основе физической и химической эволюции в природе возникла живая материя, которая затем с помощью биологической эволюции достигла высокого уровня сложности и многообразия форм. В этом историческом процессе развития жизни на Земле появилось огромное количество биологических видов, различных надвидовых биосистем, произошло становление человека и сформировалась современная биосфера с глобальным биологическим круговоротом веществ. Развитие жизни, осуществляющееся на протяжении длительного периода времени и в постоянно меняющихся условиях окружающей среды, продолжается в биосфере и в наше время.

1. Назовите основные геохронологические единицы истории Земли.
2. Подумайте, почему прокариоты, раньше других вышедшие на сушу, не дали такого большого многообразия живых форм, как это сделали эукариоты.
3. Какие факты свидетельствуют об истории происхождения живого на нашей планете?

Проверьте себя.

Что вы узнали из материала главы 4 «Происхождение живого вещества»?

Тренируемся

1. В чём отличие теорий биогенеза от теорий абиогенеза?
2. Каким путём могло возникнуть живое вещество на нашей планете?
3. Назовите условия, которые обеспечили возникновение живого на нашей планете.
4. Гипотезы каких учёных легли в основу современного представления о происхождении жизни на Земле?
5. Назовите самые крупные отрезки времени в геохронологии жизни на Земле.
6. Когда появилась биосфера?
7. В каких условиях возникли фототрофы?
8. Назовите этапы химической эволюции, имеющие важное значение для появления жизни.
9. Как называется первый континент нашей планеты?
10. Почему элемент углерод стал основой происхождения живого?

Выскажите свою точку зрения

1. Возможно ли возникновение жизни на Земле в наше время?
2. Какую из современных гипотез происхождения живого вы считаете наиболее убедительной?
3. Почему гипотеза панспермии вновь и вновь обсуждается в науке?

Проведите наблюдение и установите

Рассмотрите геохронологическую таблицу существования живого на Земле и поясните:

- а) почему в докембрии не выделены периоды;
- б) какая эра была самой продолжительной;
- в) почему различные эры и периоды неодинаковы по продолжительности;
- г) на чём основана шкала времени в эонах, эрах и периодах.

Обсудите проблему

Почему точка зрения креационистов по поводу происхождения жизни существует и в наше время — время больших достижений в биологии и естествознании в целом?

Моя позиция

Английский физик Дж. Бернал был прав, когда в 1947 году отмечал как особый этап эволюции жизни формирование мембран у предорганизмов. Уверен(а), что без мембран существование клетки было бы невозможно.

Узнайте больше

Прочитайте книгу К.Ю. Еськова «История Земли и жизни на ней. От хаоса до человека» (М., 2004), из которой вы узнаете об образовании нашей планеты, о возникновении жизни, эволюции земной коры, дрейфе континентов и об эволюции жизни.

Книгу К.Ю. Еськова вы сможете найти на сайте в Интернете:

<http://www.macroevolution.narod.ru/> – сайт по эволюции (в библиотеке).

Темы рефератов

1. Роль «чёрных курильщиков» в изучении проблемы происхождения жизни на Земле.
2. Климат прошлого в истории нашей планеты.
3. Этапы эволюции растений на Земле.
4. Происхождение млекопитающих.
5. Эволюция морских экосистем в истории Земли.

Основные понятия темы

Абиогенез, биогенез, биопоэз, панспермия, принцип Реди, коацерваты, коацерватная (белковая) гипотеза, генетическая (нуклеиновая) гипотеза, физическая эволюция, химическая эволюция, биологическая эволюция, эоны, эры, периоды.

Вспомните:

- структурные компоненты биосферы;
- свойство биосферы, реализующее её целостность и единство;
- причины возникновения биосферы.

Биосфера как биосистема. Всё живое и каждый живой организм связаны с окружающей средой биологическим круговоротом веществ и потоком энергии. Потребляя и выделяя вещество и энергию, организмы оказывают влияние на среду обитания уже тем, что они живут. Воздействие на окружающую среду отдельной особи обычно невелико и малозаметно. Воздействие всех вместе взятых организмов (то есть всего живого вещества) оказывается мощной силой, преобразующей земную поверхность.

Например, только новой растительной массы в биосфере ежегодно образуется около 170 млрд т (по сухому весу). Из них 115 млрд т даёт суша и 55 млрд т — Мировой океан. Так, примерно за миллиард лет фотосинтезирующие водоросли и наземные растения связали столько солнечной энергии и создали столько органического вещества, что оно могло бы покрыть всю Землю слоем толщиной в 2000 км. Однако этого не произошло, так как основная часть созданного растениями органического вещества была использована и разрушена в процессе жизнедеятельности гетеротрофов (животных, грибов, бактерий), возвращена в минеральном виде в косную часть биосферы.

Все составные компоненты биосферы — живое вещество, представленное в виде сообществ (биогеоценозов), и населённые жизнью части гидросферы, атмосферы и литосферы тесно связаны между собой единым круговоротом веществ и потоком энергии. В результате вся биосфера представляется как *целостная живая система (биосистема)*. Её функционально значимыми частями (компонентами) выступают биогеоценозы с их живым и косным веществом. Между этими компонентами биосферы происходит постоянный обмен веществом и энергией. Таким путём создаётся целостность биосферы как живой системы, или биосистемы.

Функциональная неоднородность организмов в биосфере. Целостность и устойчивое существование глобальной биосистемы во многом зависит от неоднородности её состава — живых организмов, различающихся по их функциональному участию.

Все организмы по их роли, выполняемой в природных сообществах и в биосфере, разделяют на три группы. Одну группу представляют *продуценты* (от лат. *producens* — «создающий»), или *создатели*. Продуценты — это автотрофы, обладающие уникальной способностью создавать из неорганических соединений сложные органические соединения и запасать в их химических связях энергию. Другую группу составляют консументы (от лат. *consumo* — «потребляю»), или *потребители*. Консументы — это гетеротрофы, потребляющие органические вещества, созданные автотрофами и образующие из них другие органические вещества, которых нет у автотрофов. В третью группу входят редуценты (от лат. *reduction* — «возвращение»), или *разлагатели*. Редуценты также являются гетеротрофами, но способными перерабатывать различные отходы живых организмов и органические вещества мёртвых тел, разрушая их до простых неорганических соединений (рис. 31).

Автотрофы	Гетеротрофы	
Продуценты	Консументы	Редуценты
		

Рис. 31. Функции живых организмов в биосфере

Именно благодаря такой функциональной неоднородности живого вещества и возникла биосфера как целостность, как единая самоподдерживающаяся и саморегулирующаяся биологическая система.

Между компонентами биосистемы и окружающей средой образуется тесная связь в виде четырёх звеньев: абиотическая среда, продуценты, консументы и редуценты. Зависая друг от друга и обитая совместно, они создают особые структурные части биосферы — биогеоценозы. Все биогеоценозы Земли вместе создают глобальную биосистему.

Биосфера — это глобальная биосистема, в которой все компоненты, взаимосвязанные между собой, обеспечивают её единство и целостность.

На взаимодействии организмов, создающих и разрушающих органическое вещество, основан круговорот веществ, обеспечивающий устойчивость и целостность (единство) биосферы.

Биосфера как экосистема. Биосистему, в которой организмы и неорганические факторы среды являются равнозначными компонентами и между ними постоянно поддерживается круговорот веществ, принято называть *экологической системой* или *экосистемой*. Поэтому биосферу часто называют глобальной экосистемой

В биосфере как глобальной экосистеме функционируют два основных компонента: организмы как выразители живого вещества (продуценты, консументы, редуценты) и условия неживой природы. Оба компонента взаимодействуют между собой как равноправные компоненты единого биологического круговорота веществ (рис. 32).

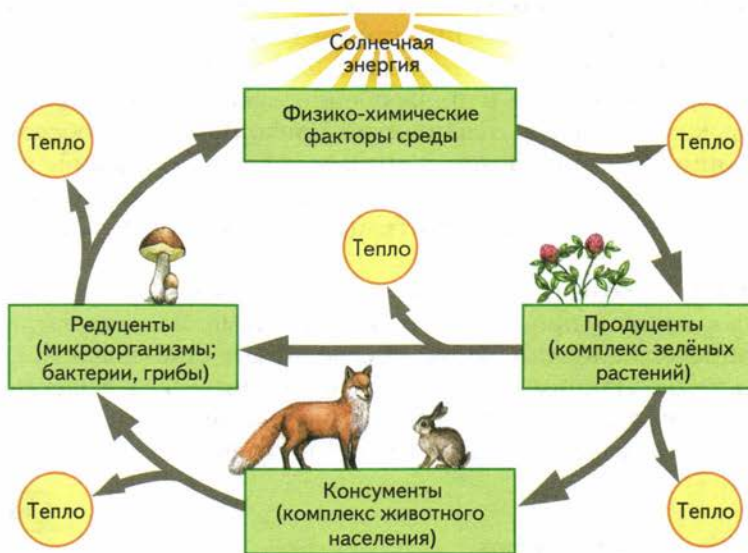


Рис. 32. Основные структурные компоненты глобальной экосистемы

Организованная в *глобальную* биосистему и экосистему, жизнь на Земле продолжается непрерывно уже миллионы лет. Поскольку экосистема получает энергию и вещества из окружающей среды и в окружающую среду удаляет свои продукты обмена, её называют открытой системой. Все биосистемы, в том числе и глобальная экосистема нашей планеты, являются открытыми. В поддержании единства и целостности открытой глобальной

экосистемы принимают активное участие солнечная энергия, химические элементы географических оболочек планеты, а также среда, окружающая биосферу.

Химические элементы географических оболочек планеты и энергия, поступающая от Солнца, через тела растений доходят по пищевым цепям до каждого гетеротрофного организма. Таким путём из многочисленных веществ, поддерживающих жизнь организмов разных видов, в биосфере создаётся *круговорот веществ* и *поток энергии*. Ввиду огромной роли живого вещества круговорот веществ в биосфере называют *биологическим* или *биотическим*.

В круговороте движение веществ из окружающей среды в живые организмы (продуценты) и поглощение ими солнечной энергии часто называют *восходящим потоком*, а разрушение органических веществ до минеральных (с помощью консументов и редуцентов) и удаление веществ и энергии в окружающую среду — *нисходящим потоком*. Экосистема устойчиво и длительно существует лишь в том случае, если наблюдается динамическое равновесие восходящего и нисходящего потоков круговорота веществ.

Для выяснения закономерностей устойчивости систем активно используются методы и понятия *кибернетики* — науки об управлении в системе. Среди них — *информация*, *вход и выход информации*, *избыточность информации*, *обратная связь* и др. Особенно важным для характеристики устойчивости экосистем являются понятия «информация» и «обратная связь».

«Информация» в биологии понимается как «сообщение» о состоянии экосистемы, как некое «действие» (сигнал) внутренней или внешней среды, вызывающее в ней отклик. Любой отклик в системе проявляется как *обратная связь*.

Понятие «обратная связь», или «петля управления», — это ответ на изменения (информацию), происходящие в экосистеме. Эти ответы, обычно нивелируя происходящие изменения, обеспечивают стабильность функционирования системы. Например, образование органических веществ продуцентами в экосистеме вызывает в качестве обратной связи действие консументов и редуцентов, перерабатывающих эту органику до неорганических веществ.

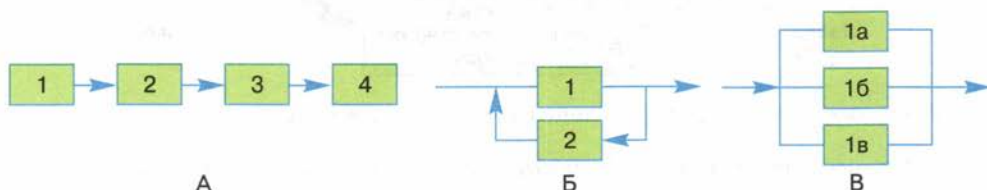


Рис. 33. Схемы связей поддержания стабильности в экосистеме:

А — посредством прямой линейной связи (пищевая цепь):

1 — растения; 2 — травоядные животные; 3 — плотоядные; 4 — паразиты;

Б — посредством петли обратной связи;

В — посредством избыточности функциональных компонентов: а, б, в — разные виды

С помощью обратной связи система осуществляет управление многими процессами, происходящими в ней. На рисунке 33 показана упрощённая схема систем с прямой и обратной связью (петлёй управления).

На устойчивость и гомеостаз экосистемы особенно влияют *избыточность информации* и *обратная связь*. Избыточной информацией называют сигнал, который идёт с превышением обычных норм, характерных для данной системы.

1. Сопоставьте выражения: «Биосфера — это биосистема» и «Биосфера — это экосистема». В чём сходство и различия между этими выражениями?
2. В.И. Вернадский в структуре биосферы выделял три основных компонента. Уточните, какие это компоненты.
3. Назовите примеры видов-продуцентов и видов-консументов.
4. Почему биологическое разнообразие относят к условиям, обеспечивающим устойчивое существование биосферы?

§ 22

Круговорот воды в биосфере

Вспомните:

- различия организмов по их функции в биосфере;
- отличие консументов от редуцентов;
- значение абиотической среды для биосферы.

Понятие о круговороте веществ. Круговорот веществ — это относительно повторяющиеся (циклические) взаимосвязанные химические, физические и биологические процессы превращения и перемещения веществ в природе.



Совокупность повторяющихся процессов превращения или перемещения веществ, имеющих циклический характер, называют круговоротом веществ.

Движущими силами круговорота служат потоки энергии Солнца (а также и космоса) и деятельность живого вещества. С их помощью идёт перемещение, концентрирование и перераспределение огромных масс химических элементов, вовлечённых зелёными растениями с помощью корневой системы и фотосинтеза в органические вещества живых существ. В химических связях органических веществ заключена энергия, поглощённая растением (продуцентом). Поэтому в биологическом круговороте веществ движется и энергия.

Круговорот веществ поддерживается в экосистеме планеты постоянным притоком всё новых и новых порций вещества и энергии. Однако *круговорота энергии не бывает*. Энергия, согласно закону её сохранения, не исчезает бесследно, а расходуется на жизнедеятельность организмов; при этом энергия переходит из одной формы в другую, обычно преобразуется в тепло и рассеивается в окружающем пространстве. Химические элементы, мигрируя в виде пищи от одного организма к другому, могут выходить в абиотическую среду и вновь вовлекаться автотрофами в круговорот. Поэтому вещества многократно движутся в круговороте жизни.



Поток энергии через экосистему однонаправлен, но химические элементы как элементы питания совершают в ней непрерывное циклическое движение.

В какой-то мере биологический круговорот веществ и поток энергии в биосфере напоминают вращение мельничного колеса (круговорот веществ) в струе быстротекущей воды (однонаправленный поток энергии) (рис. 34).

Чтобы биосфера могла существовать, а процессы, протекающие в ней, не прекращались, должны постоянно функционировать круговороты биологически важных биогенных веществ. Биогенными являются элементы (атомы), которые обязательно входят в состав живых организмов, это С, Н, О, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, B, Cl, Br, I. К самым важным биогенным элементам относятся первые шесть: С, Н, О, N, P, S. Процессы синтеза и распада живого вещества не происходят на нашей планете один без другого, они идут только при наличии единого биологического круговорота атомов.



Непрерывный круговорот биогенных веществ — основное условие существования жизни и всей биосферы.

Типы круговорота веществ в биосфере. На Земле различают два типа круговорота веществ: большой, или геологический, и малый, или биологический. Большой круговорот часто называют круговоротом воды.

Большим круговоротом, или геологическим, веществ называют обмен веществ между сушей и океаном, совершаемый водой. В настоящее время сухопутные части материков располагаются значительно выше океанов, поэтому океанические воды, выпавшие в виде осадков на сушу, быстро или медленно стекают в океан. Однако вода не просто стекает вниз, в океан, проходя сквозь толщу литосферы (педосферы), она совершает при этом большую работу: растворяет минералы, разрушает горные породы, переносит растворённые вещества и взвешенные частицы в океан. Таким путём в литосфере происходит постоянное разрушение и вынос веществ, а в океане идёт их накопление в виде осадков (осадочных пород). Но земная кора находится в постоянном горизонтальном и вертикальном движении: благодаря движению материковых плит одни участки опускаются и заливаются водами морей и океа-

нов, а другие поднимаются. В результате те вещества, что накопились в океане, оказываются на суше, а те, что образовывали поверхность континентов, — на дне моря. Спустя время (десятки и сотни тысяч лет) движение земной коры может пойти в обратном направлении и, следовательно, один цикл большого глобального круговорота будет завершён и начнётся другой его цикл.

Малым, или биологическим, круговоротом веществ называют обмен химическими элементами (атомами) между живыми организмами и косными компонентами биосферы: атмосферой, гидросферой и литосферой.

Напомним, что биологический круговорот характеризуется структурой из четырёх обязательных взаимосвязанных компонентов: 1) запаса химических веществ и энергии; 2) продуцентов; 3) консументов; 4) редуцентов.

Организмы вовлекают атомы биогенных веществ из косной части биосферы в свои тела, где они вступают в различные биохимические реакции, а затем выделяют их во внешнюю среду в виде продуктов жизнедеятельности или распада. В итоге всё живое население биосферы и окружающая среда, откуда организмы черпают средства для жизни и куда выделяют продукты своей жизнедеятельности, создают целостное, тесно связанное, взаимодействующее единство — экосистему. Организованная взаимосвязью организмов в глобальную экосистему, жизнь на планете продолжается уже миллионы лет.

Изменения массы живого вещества, его структуры, химизма определяют изменение характера биологического круговорота. Восходящую часть образует взаимодействие растений с окружающей абиотической средой, итогом чего является создание первичной продукции, а нисходящую — все звенья экосистемы, обеспечивающие преобразование синтезированной продукции до неорганических веществ. Устойчивой оказывается та экосистема, в которой восходящий поток круговорота уравнивается нисходящим потоком.

Геологический и биологический круговороты тесно взаимодействуют между собой, порой сливаясь воедино. Однако структурно и функционально они существенно отличаются друг от друга. Биологический круговорот отличается от геологического следующими особенностями:

1) причиной и движущей силой биологического круговорота является различие в характере питания продуцентов и редуцентов, а геологического — круговорот воды между океаном и сушей;



Рис. 34. Модель круговорота веществ и потока энергии в биосфере. Колесо символизирует круговорот веществ, а струя быстро текущей воды — поток энергии

2) в биологическом круговороте участвуют только биогенные элементы, тогда как в геологическом — все химические элементы, находящиеся в земной коре;

3) продолжительность циклов химических элементов в биологическом круговороте кратковременна — год, несколько лет, десятки или сотни лет, а продолжительность цикла в геологическом круговороте равна десяткам и сотням тысяч лет (рис. 35).

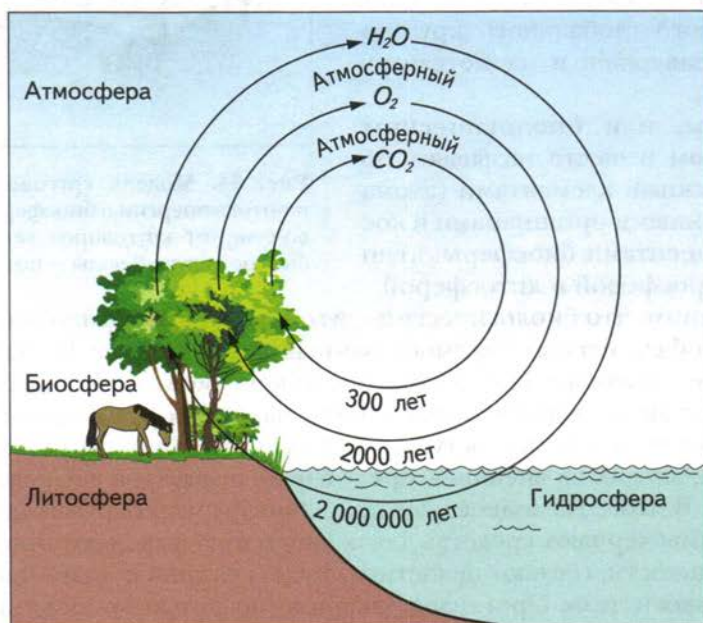


Рис. 35. Скорости круговорота некоторых биогенных элементов

Биогеохимические циклы. В биологическом круговороте веществ биосферы выделяют несколько циклов химических элементов. Циклами называют более или менее замкнутые пути циркуляции биогенных элементов из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. В них прослеживают циркуляцию движения отдельных жизненно важных химических элементов (например, С, О, Н, N, S, P, Ca, K, Si и др.) и направленность потока энергии, характерной для биогеоценозов биосферы, её регионов или для биосферы в целом. Биогенные элементы разными путями попеременно переходят из живого вещества в неорганическую материю, а из неё вновь идут в живое вещество. Скорости круговорота биогенных элементов различны и зависят как от роли, которую они играют в жизнедеятельности организмов, так и от количества этих элементов в земной коре. Например, углерод, содержащийся

в углекислом газе атмосферы, совершает полный цикл за 300 лет, атмосферный кислород за 2 тыс. лет, а водород воды за 2 млн лет.

Отдельные биогеохимические циклы элементов сливаются в общий глобальный биологический круговорот биосферы. Все биогеохимические циклы *не замкнуты*. При этом каждый новый цикл не является точным повторением предыдущего, так как природа не остаётся неизменной. Одни вещества и солнечная энергия вовлекаются в круговорот, но энергия в виде тепла уходит, рассеиваясь в пространстве. Нередко и органические вещества выходят из круговорота в окружающую среду в виде залежей — осадочных пород биогенного происхождения, а также в виде биокосного вещества (известняки, каменный уголь, торф, нефть и др.).

1. Назовите главное отличие геологического круговорота веществ от биологического круговорота веществ в биосфере.
2. Почему круговорот веществ называют системообразующим фактором биосферы?
3. Объясните понятие «динамическое равновесие между восходящим и нисходящим потоками веществ в биосфере».

§ 23

Примеры круговорота веществ в биосфере

Вспомните:

- роль круговорота веществ в существовании биосферы;
- типы круговорота веществ в биосфере;
- какие химические элементы называют биогенными.

В телах живых организмов находятся практически все химические элементы Земли, обозначенные в таблице Менделеева. Одни из них как макроэлементы в большом количестве присутствуют в телах организмов, другие — в виде микроэлементов. Те и другие чрезвычайно важны в жизнедеятельности живых существ. Можно проследить круговороты всех этих элементов. Мы рассмотрим круговороты тех атомов, которые как универсальные свойственны всем без исключения живым организмам.

Круговорот углерода. Углерод — важнейший элемент, определяющий всё многообразие органических соединений. Источником углерода в живых организмах служит углекислый газ, находящийся в атмосфере и растворённый в воде. Участвующий в фотосинтезе углерод превращается в сахара, а в результате других процессов биосинтеза он включается в состав белков и липидов. Но образующийся в процессе дыхания и при разложении мёртвых тел углерод вновь поступает в круговорот в форме углекислоты. Частично он накапли-

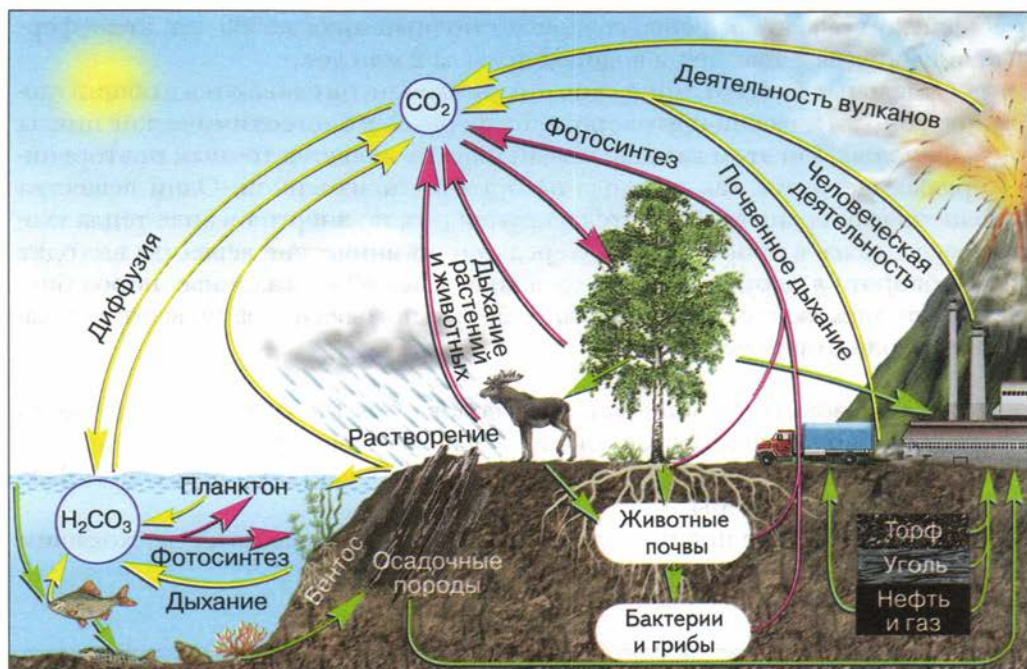


Рис. 36. Схема круговорота углерода в биосфере

вается в биосфере в форме CaCO_3 (мел, известняки, кораллы), каменных углей, нефти и надолго остаётся вне круговорота. Но в процессе жизнедеятельности растений, животных и человека углерод может быть освобождён и тогда вновь окажется в круговороте (рис. 36).

Круговорот кислорода. Земля — единственная планета Солнечной системы, в атмосфере которой содержится значительное количество свободного кислорода. Растительный мир и фотосинтезирующие прокариоты (цианобактерии) являются основными поставщиками кислорода в биосферу. Это обусловлено процессом фотосинтеза хлорофиллсодержащих организмов. Поэтому круговорот кислорода протекает в тесной связи с круговоротом воды, так как вода — важнейший компонент фотосинтеза и образования в этом процессе свободного кислорода.

Так как кислород входит в состав многих широко распространённых на Земле неорганических веществ (вода, уголекислота, карбонаты и др.) и органических соединений живых тел, его круговорот очень сложен. Основные ветви этого круговорота — образование свободного кислорода при фотосинтезе и его поглощение в процессе дыхания живых организмов и процессах горения — окисления химических веществ органического и неорганического происхождения (рис. 37).

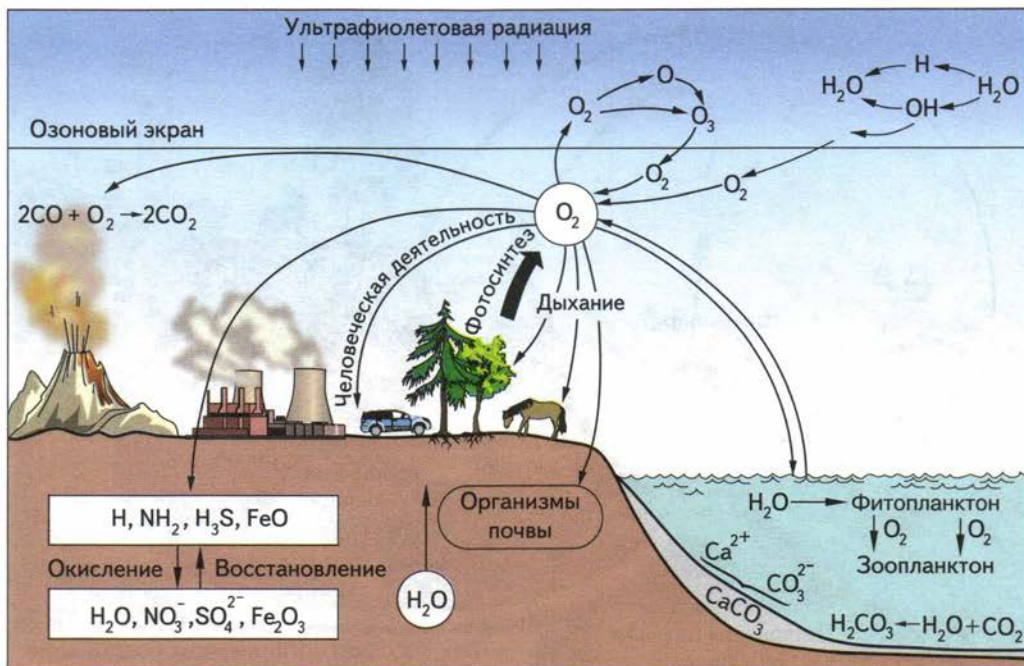


Рис. 37. Схема круговорота кислорода в биосфере

Круговорот фосфора 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, скапливается в глубинных отложениях, откуда с помощью животных он возвращается в круговорот. Из всех элементов минерального питания фосфор считается наиболее дефицитным (рис. 38).

Круговорот азота. Азот входит в состав большинства биологически важных органических веществ всех живых организмов: белков, нуклеиновых кислот, липопротеидов, хлорофилла и др. Хотя атмосфера Земли состоит в большинстве своём из азота (79 %), этот элемент оказывается дефицитным для живых организмов. Дело в том, что газообразный азот не может использоваться непосредственно из воздуха растениями, животными и даже большинством бактерий. Они усваивают так называемый фиксированный азот в виде его соединений — ионов аммония или нитратных ионов. Доступные для растений соединения азота частично образуются путём его небиологической фиксации в процессах ионизации атмосферы. Биологическая фиксация азота в природе совершается только некоторыми вида-

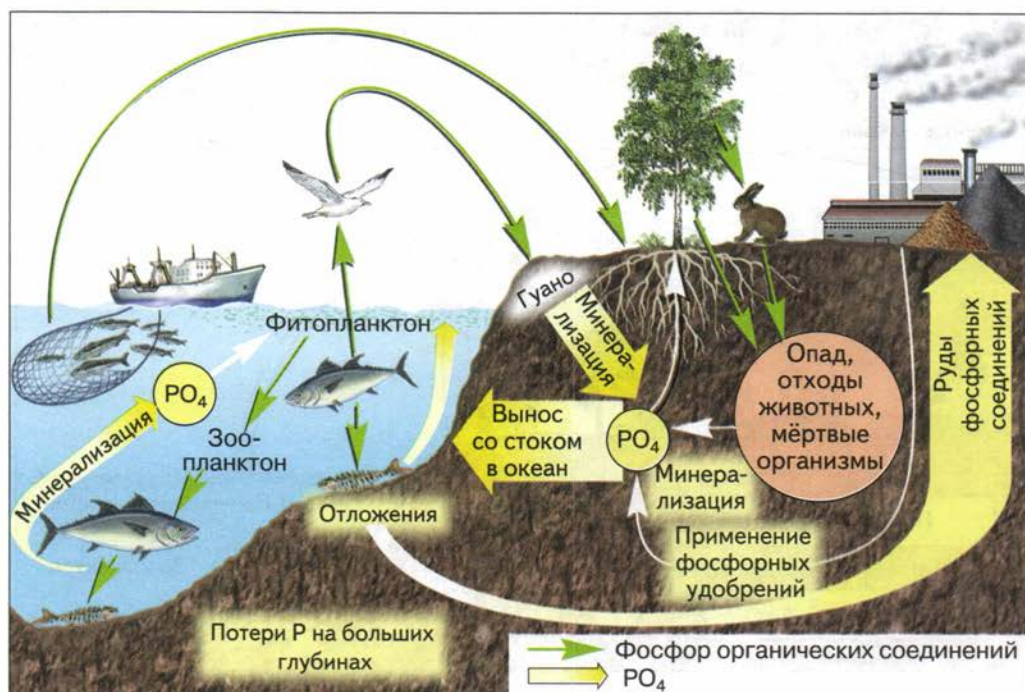


Рис. 38. Схема круговорота фосфора в биосфере

ми прокариот: азотфиксирующими аэробными бактериями (азотобактер), некоторыми анаэробными почвенными бактериями (клубеньковыми бактериями (ризобиум), находящимися в симбиозе с корнями бобовых растений, а также с корнями ольхи, облепихи и др. От этих растений через цепи питания азот получают все остальные живые организмы. Однако наряду с азотфиксирующими организмами в природе имеются и денитрифицирующие бактерии, возвращающие в атмосферу молекулярный азот (рис. 39).

Круговорот серы. Основное значение серы для живых организмов вызвано её вхождением в состав серосодержащих аминокислот (цистеина, метионина) и ряда других биологически важных молекул. Сера усваивается растениями только в окисленной форме, в виде иона SO_4 . В растениях сера восстанавливается и входит в состав аминокислот. Животные организмы усваивают и используют только восстановленную серу, включённую в органические вещества. Возвращается сера в окружающую среду после отмирания растений и животных и переработки их тел редуцентами (рис. 40).

Круговорот воды на поверхности земного шара известен как компонент большого круговорота: под действием солнечной энергии в результа-

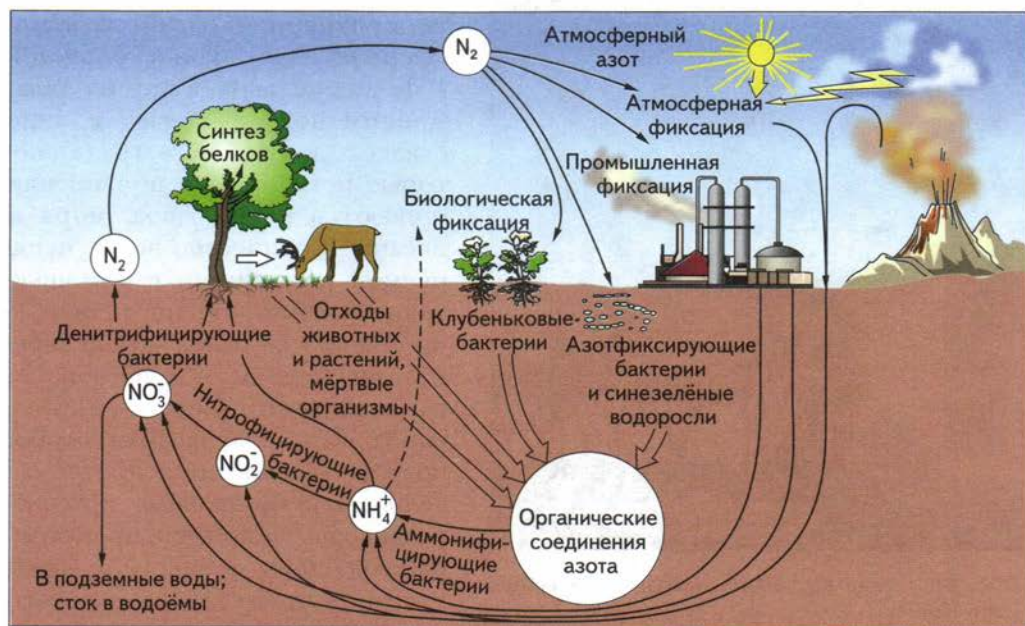


Рис. 39. Схема круговорота азота в биосфере

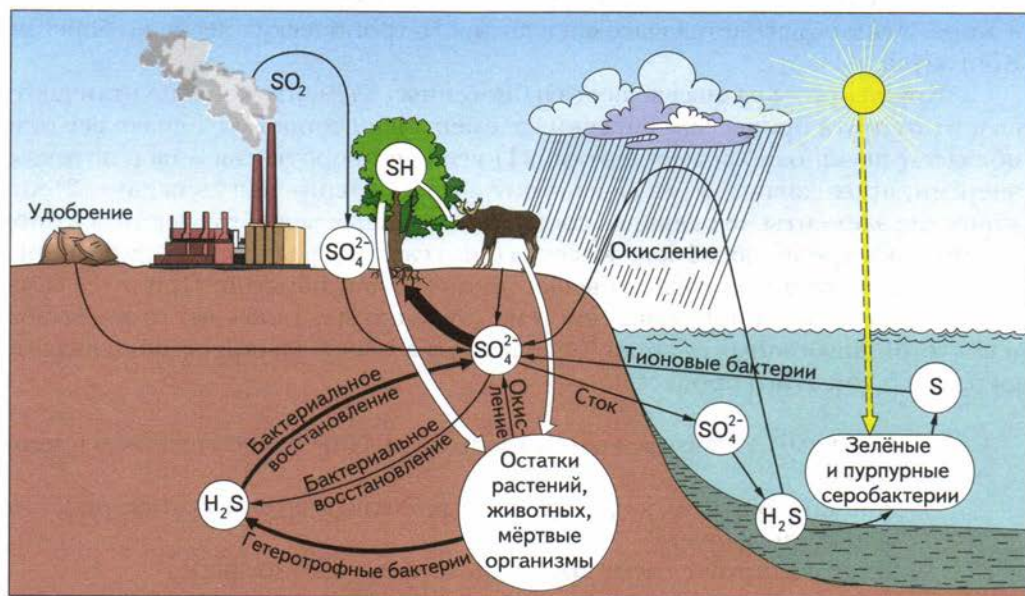


Рис. 40. Схема круговорота серы в биосфере

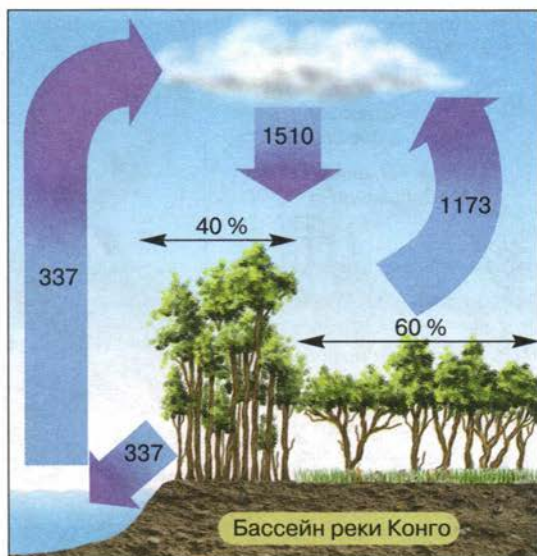


Рис. 41. Схема круговорота воды в бассейне реки Конго

в процессе испарения тропическим лесом и саванной, впоследствии возвращается с осадками в почву. Притом осадки более обильны, чем сток воды в море. Этим объясняется высокая влажность тропических лесов по берегам Конго (рис. 41).

Круговороты разных веществ и биогенных элементов сильно отличаются друг от друга процессом движения элементов и скоростью, однако все они обладают двумя основными чертами: 1) все круговороты связаны с потоком энергии, проходящим через экосистему и приводящим её в движение; 2) химические элементы, входящие в состав питательных веществ, участвуя в биохимических процессах обмена веществ (синтеза и распада) организмов, попеременно переходят из косного вещества в живое и обратно. При этом сама биосфера как функциональная система (экосистема) глобального масштаба и как устойчивая живая система (биосистема) в значительной степени является результатом этого процесса.

1. Зачем изучаются круговороты отдельных химических элементов?
2. Каким образом вода участвует в биологическом круговороте веществ биосферы?
3. Смоделируйте схему круговорота железа в биосфере.

Вспомните:

- значение круговорота углерода для биосферы;
- отличительные особенности круговоротов кислорода и азота;
- черты сходства круговорота фосфора с круговоротом серы.

Понятие устойчивости. Устойчивость — это способность экосистемы непрерывно поддерживать определённый круговорот веществ и сохранять в основных чертах свою структуру, характер связей между элементами и их функционирование в пределах естественного колебания параметров. Устойчивость проявляется важными для экосистемы признаками — *самоподдержанием* и *саморегулированием*. Самоподдержание — это процесс, в ходе которого экосистема достаточно долго сохраняет свою устойчивость. Оно проявляется в системах, обладающих высоким уровнем сложности, с большим количеством элементов, связи между которыми устойчиво поддерживают круговорот веществ. Саморегуляция — это свойство экосистемы в процессе функционирования сохранять на определённом уровне своё типичное состояние, режим, характеристики связей между компонентами.

Способность экосистемы к самоподдержанию и саморегулированию, в результате чего сохраняется её устойчивость и стабильность, называется *гомеостазом* или динамическим равновесием системы.

Любая естественная экосистема, сложившаяся исторически, сохраняет в относительно постоянном виде достаточно длительное время. В этом проявляется её устойчивость. При этом *устойчивость* обладает некоторой степенью *толерантности (выносливости)*, позволяющей экосистеме самосохраняться при небольших изменениях, происходящих в окружающей среде и в самой экосистеме. По устойчивости экосистемы делятся на два типа: *резистентные*, то есть способные сохраняться в устойчивом состоянии под нагрузкой, и *упругие*, способные быстро восстанавливаться, если по каким-то причинам были нарушены.

Механизмы устойчивости биосферы. Устойчивость — это способность биосферы сохранять в основных чертах свою структуру и характер связей между элементами системы, несмотря на внешние воздействия. Условия, обеспечивающие такое состояние системы, называют *механизмом устойчивости*. Назовём 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), запасённую

в химических связях энергию (около 10^{18} ккал), средний химический состав биогенных элементов (кислорода, водорода, углерода, азота).

2. Наиболее важным для сохранения устойчивости биосферы является *цикличность* её функционирования (от греч. *kyklos* — «кругооборот») — то есть многократное использование биогенных веществ, которое лежит в основе биологического круговорота. Водород, кислород, углерод, азот, фосфор и другие биогенные элементы совершают в экосистеме постоянные и многократные миграции между телами живых организмов и физической средой.

Циклическое использование ограниченных по запасам веществ делает их практически неисчерпаемыми. На этом основана бесконечность жизни экосистемы и её устойчивое существование, иначе она очень быстро исчезла бы, израсходовав все доступные ресурсы.

3. Устойчивость биосферы обусловлена также проявлением геохимической функции живого вещества, реализуемой через питание, дыхание, размножение и смерть организмов. Участие живого вещества в биологическом круговороте, сбалансированное равновесие количества *получения ресурсов* (органических веществ, минерального питания и солнечной энергии) и *их расходования* — одно из важных условий поддержания устойчивости экосистемы.

Если представить, что растения образуют значительное количество растительной биомассы, а фитофагов нет или их так мало, что они не успевают потреблять всё то, что производят зелёные продуценты, то экосистема не будет устойчивой и вскоре деградирует, так как в ней, с одной стороны, будет накапливаться неизрасходованная растительная биомасса (такое событие произошло в биосфере 345 млн лет назад, в каменноугольный период), а с другой — начнётся истощение минеральных ресурсов, доступных растению для его питания, поскольку не будет возврата веществ в неживую (абиотическую) среду. Того и другого сейчас не происходит, так как на Земле существуют разнообразные биогеоценозы с различным видовым составом.

Наряду с образованием органических веществ и аккумуляцией энергии в круговороте, то есть постоянным притоком веществ и необходимой энергии, устойчивость экосистемы обеспечивает постоянно идущий отток (выход) из экосистемы преобразованной энергии и избыточных продуктов обмена, разрушение сложных органических соединений и их превращение в простые минеральные вещества (воду, углекислый газ, аммиак, различные соли и пр.). Чтобы биосфера могла существовать, процессы создания и разрушения органических веществ в ней должны постоянно поддерживаться в равновесном состоянии.

Например, известно, что в результате жизнедеятельности организмов большие количества углерода поглощаются из атмосферы и накапливаются в биосфере в форме залежей карбонатных пород (известняков, доломитов), углей и других горючих ископаемых. В то же время большие количества углекислого газа и частично углеводороды снова возвращаются в атмосферу в хо-

де вулканических и магматических процессов. Поэтому нарушения баланса углерода в биосфере не наблюдается.

4. Многочисленные исследования по выявлению закономерностей существования экосистемы показали, что в поддержании устойчивости системы особенно большое значение имеют *избыточность информации* и *обратная связь (петля управления)*. Избыточность информации в биосфере как глобальной экосистеме свидетельствует о некотором сдвиге в сторону или созидания, или разрушения её показателей. То и другое нарушает устойчивость экосистемы. С помощью обратной связи система осуществляет управление многими процессами, происходящими в ней.

5. В биологическом круговороте между живой и неживой частями экосистемы осуществляется направленный поток энергии и химических веществ (миграция атомов). Этот процесс совершается не в самой биосфере, а в её конкретных компонентах — биогеоценозах. Все биогеоценозы, имеющиеся в биосфере, связаны постоянным обменом веществ между собой и с окружающей средой. Взаимодействие между биогеоценозами как структурными компонентами биосферы способствует поддержанию её устойчивости. Оно осуществляется за счёт перемещения и многообразного функционирования живого, а также слияния геохимических круговоротов отдельных биогеоценозов, в результате чего сохраняется один общий биологический круговорот веществ и поток энергии.

6. Как условие сохранения устойчивости экосистемы большое значение имеет её сложность. Чем более сложной является её структура и чем выше степень упорядоченности, тем более устойчивой она оказывается. Устойчивость глобальной экосистемы находится в прямой зависимости от того, насколько велико количество компонентов, способных поддержать её функционирование. Поэтому от *многообразия природных комплексов живых организмов (биогеоценозов)*, распространившихся по всей поверхности Земли («растекание» жизни), зависит устойчивость биосферы.

Функциональное разнообразие компонентов экосистемы, то есть её сложность, обеспечивает её устойчивость и стабильность.

Для устойчивого существования биосферы необходимы сбалансированные отношения между различными биогеоценозами, обеспечивающими разнообразное потребление и возврат минеральных ресурсов в абиотическую среду. В случае выпадения из системы каких-либо природных сообществ или замены их качественно иными (например, в наше время — агроценозами), динамическое равновесие в биосфере может нарушиться.

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

7. Антропогенное воздействие также влияет на устойчивость биосферы. По вине человека многие биогеоценозы и водные экосистемы сейчас теряют устойчивость, так как его деятельность приобрела разрушающий, деградирующий природу характер. Следует надеяться, что, опираясь на свой разум, знание законов природы, человек сможет поддержать устойчивость биосферы как глобальной экосистемы.

1. Охарактеризуйте главные условия поддержания устойчивости биосферы.
2. Почему существование редуцентов относят к условиям, обеспечивающим устойчивое существование биосферы?
3. Выскажите вашу точку зрения на состояние биосферы в настоящее время.
4. Почему обратная связь является главным условием сохранения устойчивости биосферы?

Проверьте себя.

**Что вы узнали из материала главы 5
«Биосфера как глобальная биосистема»?**

Тренируемся

1. Почему биосферу называют экосистемой?
2. Какую функцию выполняет биологический круговорот веществ биосферы?
3. Какие механизмы обеспечивают устойчивость биосферы?
4. Охарактеризуйте значение функционального разнообразия в существовании биосферы.
5. Укажите значение биологического круговорота веществ в биосфере.
6. Из чего складывается круговорот веществ?
7. Почему в биосфере нет круговорота энергии?
8. Укажите различие между биологическим круговоротом веществ и биогеохимическим циклом.

Выскажите свою точку зрения

1. Почему количество произведенной энергии в человеческом обществе можно считать мерой вмешательства человека в природу?
2. Как долго живые организмы будут извлекать химические элементы из биосферы?

Проведите наблюдение и установите

Рассмотрите рисунок 50. Рассчитайте объём воды, остающейся в тропическом лесу. Поясните, почему там задерживается влага, а в саванне не задерживается.

Обсудите проблему

Большой круговорот веществ — это замкнутая или незамкнутая система в биосфере?

Моя позиция

Человеку обязательно нужны знания о биосфере, её структуре и свойствах, чтобы способствовать сохранению её устойчивости.

Узнайте больше

В последние десятилетия постоянно фиксируется закисление природных осадков. На рисунке 42 представлен сравнительный анализ кислотности некоторых природных объектов и дождей. В 1974 году в шотландском городе Питлорхи выпал дождь с pH 2,4, что соответствует кислотности 6 %-го раствора столового уксуса.

Кислотные осадки, выпадающие в разных частях биосферы, имеют весьма негативные последствия для окружающей среды. Они являются причиной закисления почв, дефолиации растений, преимущественно хвойных деревьев, гибели озёрной фауны, коррозии металлов и других материалов.

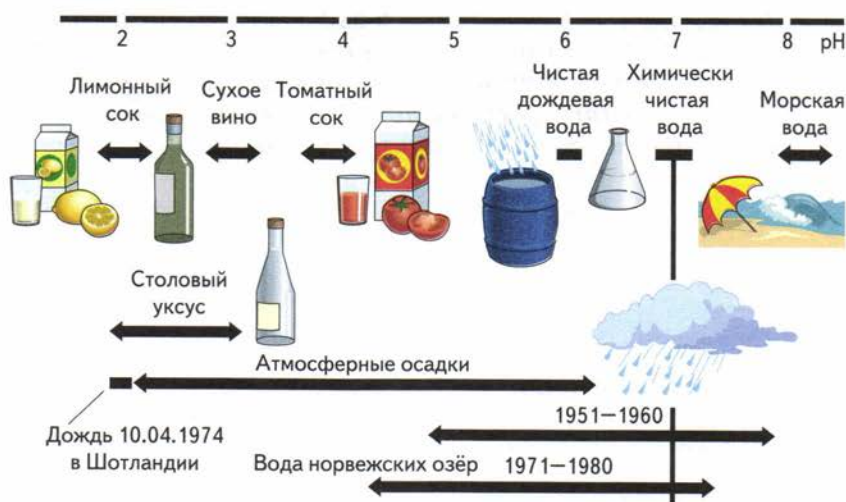


Рис. 42. Кислотность некоторых природных объектов

Например, храм Парфенон за последние 30 лет разрушился от кислотных дождей и газов атмосферы в значительно большей степени, чем за 20 столетий до этого.

Прочитайте книгу Д.-Х. Медоуз, Д.-Л. Медоуз, Й. Рандерс «За пределами роста» (пер. с англ. / под ред. акад. РАО Г.А. Ягодина. М., 1994). Из этой книги вы узнаете, как предотвратить глобальную катастрофу и обеспечить устойчивое будущее.

Темы самостоятельных исследований

1. Разработка модели (схемы) круговорота калия в биосфере.
2. Разработка модели (схемы) круговорота кальция в биосфере.
3. Сравнительное исследование загрязненности атмосферного воздуха пылевыми частицами в городе (около проезжих дорог, в глубине жилого комплекса, около школы, в парке).

Темы рефератов

1. Значение леса для устойчивости биосферы.
2. Роль климата в устойчивости биосферы.
3. Цунами и их влияние на биосферу.
4. Сохранение грунтовых вод — актуальная проблема человечества.
5. Организация и самоорганизация в живой природе.

Основные понятия темы

Биосфера как биосистема и экосистема, биогенные вещества, большой (геологический) круговорот веществ (круговорот воды), малый круговорот (биологический круговорот), био-геохимический цикл, устойчивость биосферы, информация, избыточность информации, обратная связь.

Вспомните:

- структурные компоненты биосферы;
- что называют средой обитания;
- где обитают организмы, населяющие биосферу.

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. Всё 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 неё же выделяют продукты своего обмена веществ. Среда, обеспечивающая возможность жизни организмов в биосфере, очень разнообразна. По качественно отличным комплексам условий в биосфере различают *четыре среды жизни: водную, наземно-воздушную (сушу), почвенную и живой организм* (для паразитов и симбионтов) (рис. 43).

В них различают конкретные местообитания, или биотопы, которые представляют собой более «узкие» комплексы условий, качественно различающиеся между собой. Например, в водной среде имеются местообитания (биотопы) в толще воды, на дне, у поверхностной пленки, среди водорослей и трав и пр.

Своеобразие условий каждой среды жизни обусловило своеобразие свойств живых организмов, обитающих в них. У всех организмов в процессе эволюции выработались специфические морфофизиологические, поведенческие и другие приспособления к обитанию в своей среде жизни и к разнообразным частным условиям, свойственным этой среде.

Особенности водной среды жизни. Водная среда характеризуется своеобразием физико-химических свойств, благоприятных для жизни организмов. Это прозрачность воды, её высокая теплоёмкость, большая скрытая теплота плавления, высокая теплопроводность, плотность (примерно в 800 раз превышающая плотность воздуха) и вязкость, расширение при замерзании. Так, наибольшей плотностью вода обладает при 4 °С и при этом опускается на дно, а при замерзании расширяется, и лёд в больших водоёмах образуется лишь

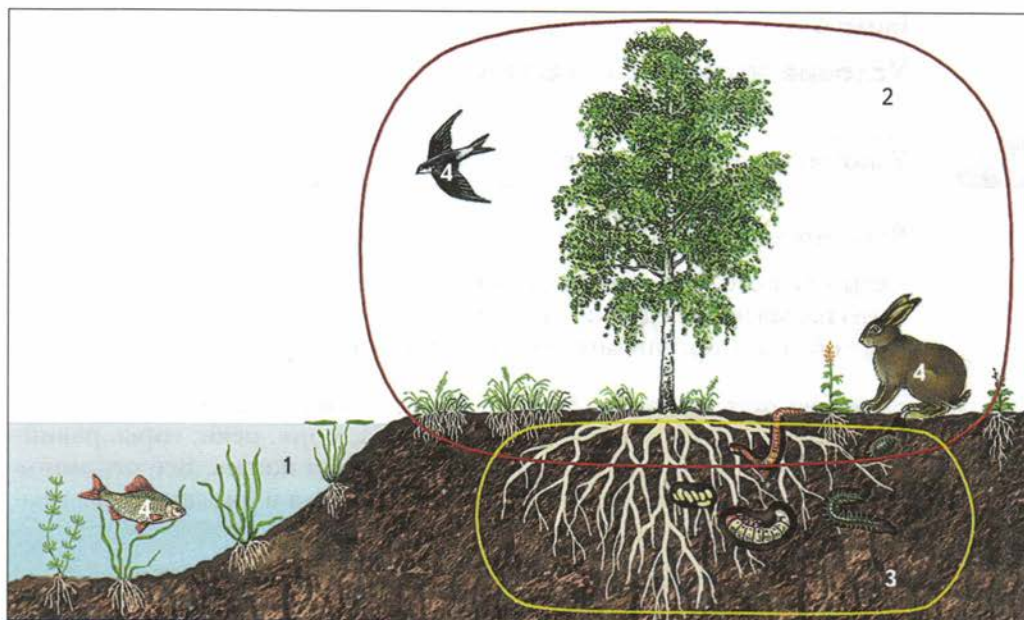


Рис. 43. Четыре среды жизни на Земле: 1 — водная; 2 — наземно-воздушная; 3 — почвенная; 4 — организменная

вверх, создавая защитный слой. Основная же толща воды при этом не замерзает.

Вода обладает большой подвижностью — текучестью и вертикальным перемещением, сглаженными колебаниями температуры (суточной и сезонной). Благодаря своей выталкивающей силе вода одинаково легко поддерживает как тонкие структуры, так и массивные организмы.

Вода — прекрасный растворитель минеральных и многих органических соединений. Поэтому в естественных водах всегда содержатся различные соли, карбонаты, сульфиды, хлориды, весьма важные для живых организмов водной среды. В то же время в водной среде очень слабая аэрация (кислорода примерно в 20 раз меньше, чем в атмосфере), сильные перепады давления и мало света, особенно в глубине водоёмов. Убывание света с глубиной объясняется тем, что вода сильно отражает и поглощает свет. При этом разные лучи солнечного света поглощаются неодинаково: быстрее поглощаются красные и оранжевые, хуже — зелёные, синие и фиолетовые. Поэтому до больших глубин проникают лишь сине-зелёные, голубые и сине-фиолетовые лучи. Но и они проникают лишь до глубины 180–200 м.

Обитатели водной среды жизни — *гидробионты* (от греч. *hydōr* — «вода» и *biontos* — «живущий»). Они населяют Мировой океан, континентальные водоёмы и подземные воды (рис. 44).

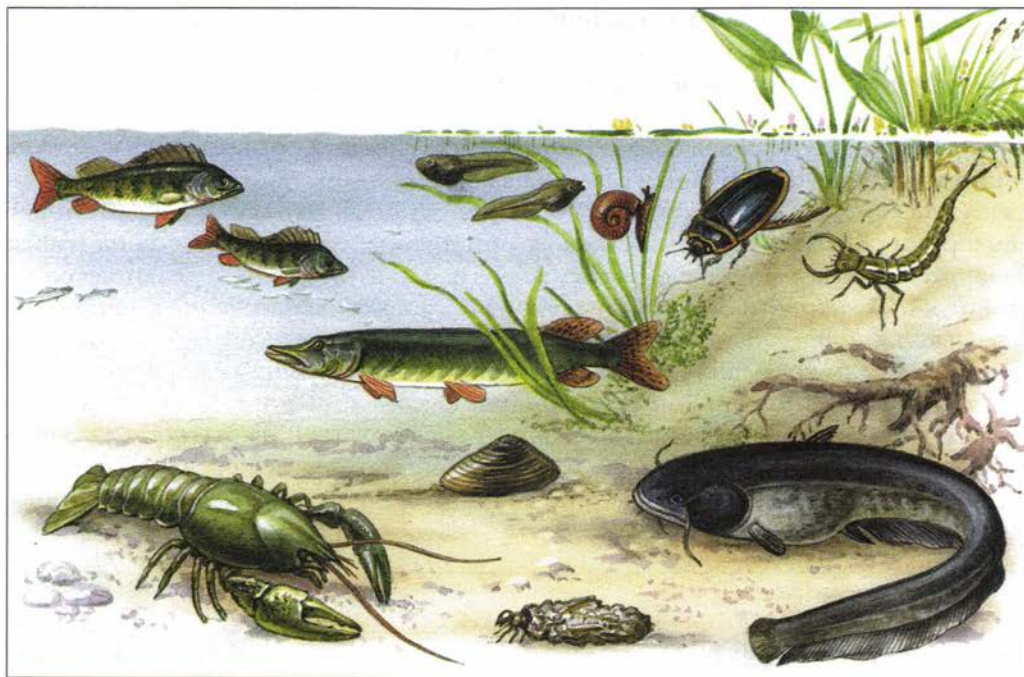


Рис. 44. Растения и животные водной среды жизни

Наземно-воздушная среда жизни (суша). Эта среда характеризуется обилием воздуха. Поэтому организмы этой среды жизни часто называются *аэробиями* (от греч. *aēr* — «воздух» и *biontos* — «живущий»). Аэробии фактически окружены газообразной средой, имеющей низкую плотность и давление. В воздухе достаточно высокое содержание кислорода, много солнечного света. Действие света и тепла (температуры) проявляется здесь интенсивно, но с большими амплитудами колебаний. Колебания находятся в зависимости от сезона, времени суток и от географического положения региона. Такой же зависимостью характеризуется влажность. Притом особенностью данной среды является постоянный дефицит влаги и присутствие её в виде пара, в капельно-жидком или кристаллическом состоянии (в форме снега или льда).

Существенными факторами среды являются также ветер, смена времён года, рельеф местности и др.

Характерной особенностью наземно-воздушной среды является и то, что сами живущие здесь организмы существенным образом влияют на среду и во многом сами создают её.

Например, древесные растения и травы задерживают порывы ветра, затеняют почву, нагнетают влагу из её глубины, создают особый микроклимат. Животные распространяют плоды и семена, обогащают почву помётом, строят гнёзда и норы, поедают побеги и листья.

Наземно-воздушная среда жизни — самая сложная по экологическим условиям и отличается огромным разнообразием местообитаний: пустыни, степи, леса, пещеры, болота, равнины и горные местности. Это обусловило величайшее разнообразие сухопутных живых организмов и их комплексов на нашей планете. Абсолютное большинство животных в этой среде передвигается по твёрдой поверхности Земли — почве, потому животное население суши иногда называют *террабионтами* (от лат. *terra* — «земля» и *biontos* — «живущий»).

Наземно-воздушная среда по своим физико-химическим условиям считается достаточно суровой по отношению ко всему живому. И всё же, несмотря на суровость наземно-воздушной среды, жизнь здесь достигла очень высокого уровня как по общей массе органического вещества, разнообразию форм живой материи, так и по степени эволюционного развития организмов (рис. 45).

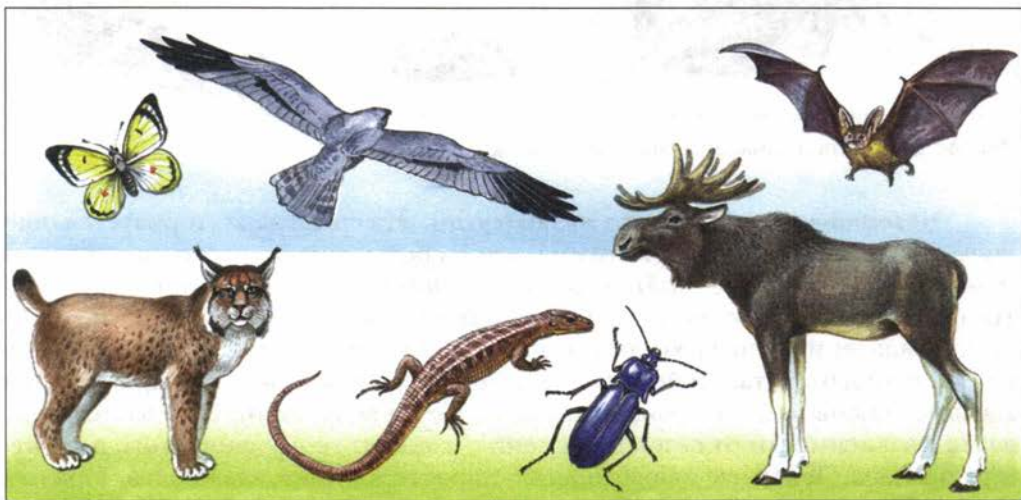


Рис. 45. Обитатели наземно-воздушной среды жизни

Почва как среда жизни. Почва — это рыхлый поверхностный слой суши, контактирующий с литосферой (земной корой) и атмосферой (воздушной средой). Она состоит из смеси минеральных веществ, образующихся при распаде горных пород, и особых органических веществ, возникших в результате разложения растительных и животных остатков. В поверхностных слоях почвы обитает множество организмов-редуцентов — бактерий, грибов, червей,

мельчайших членистоногих и др. В среднем в 1 см³ почвы содержатся сотни миллионов бактерий, микроскопических грибов, актиномицетов, водорослей и других микроорганизмов. Всё это население взаимодействует между собой, образуя своеобразный комплекс, активно участвующий в плодородии почвы и в создании самой почвенной среды жизни. Его активность обеспечивает развитие почвы сверху, а физическое и химическое разрушение коренной породы способствует образованию почвы снизу.

Как среда жизни почва отличается рядом особенностей: большой плотностью, отсутствием в ней света, пониженной амплитудой колебания температуры, недостаточностью кислорода и сравнительно высоким содержанием углекислого газа.

Виды, населяющие почвенную среду жизни, называют *педобионтами* (от лат. *pedis* — «нога» и греч. *biontos* — «живущий»), или *эдафобионтами* (от греч. *edaphos* — «почва» и *biontos* — «живущий») (рис. 46).

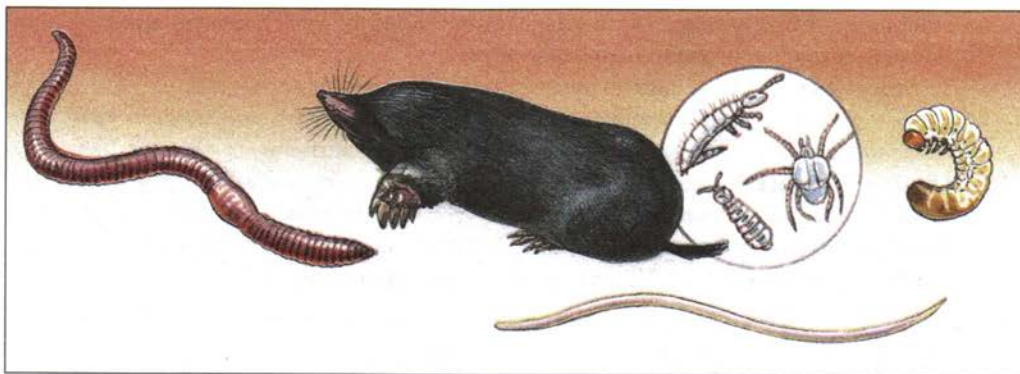


Рис. 46. Живой мир почвенной среды

Как приспособление к обитанию в почве у эдафобионтов в процессе эволюции выработались своеобразные свойства. Например, у животных — вальковатая форма тела, малые размеры, сравнительно прочные покровы, кожное дыхание, редукция глаз, бесцветность покровов, сапрофагия (способность питаться остатками других организмов). Наряду с аэробностью широко представлена анаэробность (способность существовать при отсутствии свободного кислорода).

Организм как среда жизни. Появление данной среды жизни на Земле проходило почти одновременно с появлением живых организмов. Использование одних живых организмов другими в качестве среды обитания не только очень древнее, но и широко распространённое явление. Фактически нет ни одного вида, не имеющего паразитов. Организм, в котором поселяются другие организмы, называют *хозяином*.

Как среда жизни живой организм хозяина характеризуется рядом специфических особенностей: наличием для его обитателей обилия легкоусвояемой пищи, постоянством температурного, солевого и осмотического режимов, отсутствием угрозы высыхания, защищённостью от врагов. Однако проблематичными для сожителей живых организмов выступают такие факторы, как нехватка кислорода и света, ограниченность жизненного пространства, преодоление защитных реакций хозяина, то есть его активного иммунитета, и перемещение от одной особи к другим хозяевам. Кроме того, данная среда всегда ограничена во времени сроком жизни хозяина, так как организм служит средой жизни, лишь будучи живым. Организмы, населяющие пищеварительный тракт хозяина, его внутренние органы и ткани, называются *эндобиионтами* (от греч. *endon* — «внутри» и *biontos* — «живущий»). Среди них есть паразиты, симбионты (сожители на равных), комменсалы (нахлебники и квартиранты, не причиняющие вреда хозяину) и другие сожители, обитающие внутри организма хозяина.

Например, обнаружено, что в кишечнике кулана обитают четыре трофических (пищевых) группы эндобионтных инфузорий:

1. Растительоядные — питающиеся растительными частицами, но не конкурирующие с хозяином при потреблении пищи, так как они обитают в конце кишечника хозяина, где уже почти не происходит всасывания питательных веществ. Поэтому обитающие здесь 11 видов инфузорий — нахлебники (комменсалы) (рис. 47, 1).
2. Крахмалоядные (5 видов) — питающиеся зёрнами крахмала (как конкуренты в питании являются паразитами хозяина). Даже при очень бедном пищевом рационе хозяина они выискивают и поедают крахмальные зёрна. (рис. 47, 2).

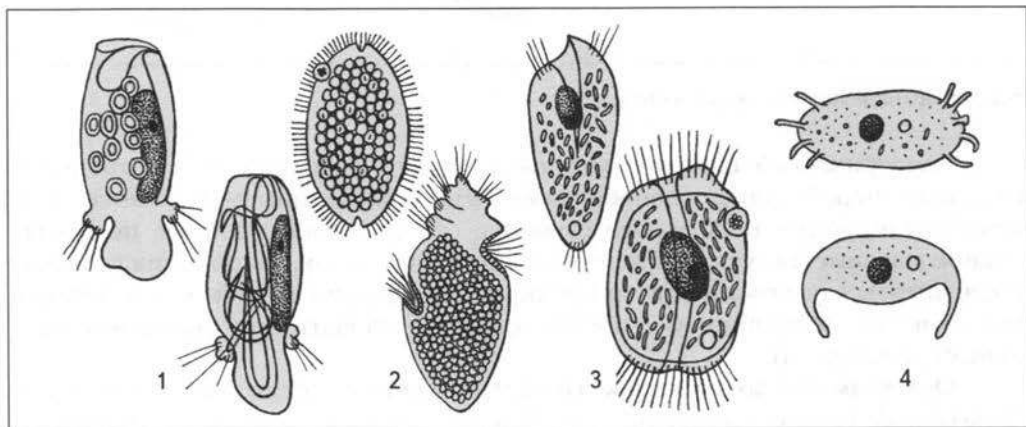


Рис. 47. Инфузории-эндобиионты кишечника кулана (*Equus hemionus*):

1, 2 — инфузории, питающиеся растительным кормом хозяина (в их теле видны растительные клетки и крахмальные зёрна); 3 — инфузории, поедающие бактерий; 4 — инфузории, паразитирующие на других инфузориях

3. Бактериядные (14 видов) — питающиеся бактериями, населяющими кишечник травоядного животного (следовательно, они не конкурируют с хозяином при потреблении пищи, а являются комменсалами, то есть, получая для себя пользу, они не наносят вреда хозяину). Поедая бактерий, эти инфузории поддерживают равновесие в биоценозе толстой кишки лошадиных (рис. 47, 3).

4. Хищные — питающиеся другими инфузориями, следовательно, выполняющие защитную, полезную для хозяина роль; это не паразиты, а симбионты. Нападают главным образом на крупных растительноядных инфузорий. Некоторые инфузории в кишечнике кулана прибегают к хищничеству, чтобы пополнить основной рацион, состоящий из крахмала или бактерий. Группу хищных составляют четыре вида инфузорий (рис. 47, 4).

Относительная стабильность благоприятных экологических условий этой среды жизни даёт ряд преимуществ эндобионтам, но вместе с тем ограничивает возможности их расселения, затрудняет прохождение жизненных циклов по сравнению со свободноживущими видами.

Все виды, существующие на Земле, обладают сложной системой приспособлений к жизни в своей среде. Их свойства отражают особенности их среды жизни. Причём у представителей разных групп живых организмов, в том числе и очень далёких друг от друга по родству, но населяющих одну и ту же среду обитания, развиваются похожие свойства, сходные типы приспособлений, в том числе и приспособленность к совместному проживанию в природных сообществах.

1. Каковы условия жизни в почвенной среде?
2. Поясните, все ли эндобионты являются паразитами?
3. Какие условия для жизни предоставляет организмам биосфера?
4. Приведите примеры приспособленности гидробионтов к жизни в водной среде.

§ 26

Экологические факторы и их значение

Вспомните:

- особенности водной среды жизни;
- что называют местообитанием (биотопом);
- характерные свойства наземно-воздушной среды жизни.

Понятие экологических факторов среды. Среда действует на организмы посредством физических, химических и биотических сторон. Каждую сторону, качественно отличную от других, называют элементом действия среды

или *фактором*. Те влияния среды, которые оказывают какое-либо воздействие на организмы, называют *экологическими факторами*.

Экологические факторы в своём 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 качеств среды обитания, изменений других экологических факторов.

Закономерности действия экологических факторов. Можно выделить три зоны их действия: оптимума, угнетения и смерти (рис. 48).

По своему действию экологические факторы могут оказывать угнетающее или стимулирующее действие. Это зависит от силы и диапазона 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. При наиболее благоприятных условиях действие фактора обуславливает активность процессов жизни у организма, ускорение процессов роста и развития, увеличение численности вида и др. На этой основе был сформулирован закон *оптимума*: «Любой экологический фактор имеет определённые пределы (зону) положительного влияния на живые организмы». В конце XIX века немецким химиком Юстусом Либихом был сформулирован закон *минимума*, или закон *Либиха*: «Интенсивность биологических процессов зависит от любого фактора, имеющегося в минимальном количестве».

Нормальная жизнедеятельность организмов возможна только при сочетании целого комплекса экологических факторов. Если при благоприятном

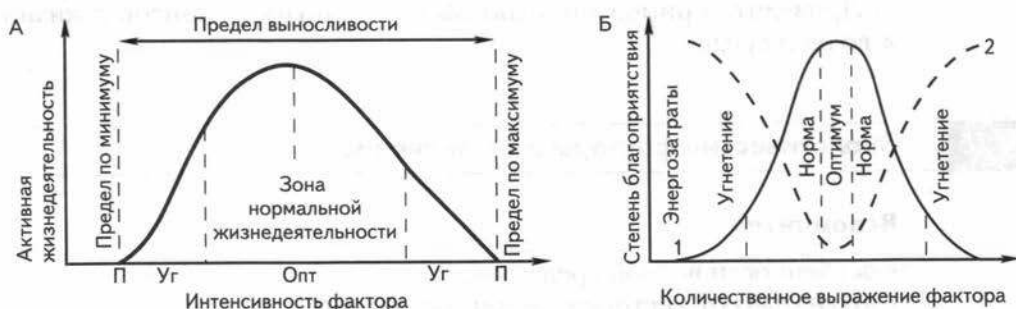


Рис. 48. Действие экологических факторов среды на живые организмы:

А — пределы выносливости организмов: П — порог, Уг — зона угнетения, Опт — зона оптимума; Г — зона гибели;

Б — кривая затрат энергии на сохранение жизнедеятельности: 1 — степень благоприятствия данных доз для организма; 2 — величина энергозатрат на адаптацию

сочетании ряда факторов проявление одного фактора оказывается недостаточным (или, наоборот, избыточным), то он становится определяющим для нормальной жизнедеятельности организмов данного вида. Такой фактор называют ограничивающим. В науке экологии это явление именуется как *закон ограничивающего фактора* (почти аналог *закона минимума*). Возможность обитания всех организмов (популяций, видов) в природе определяется наличием ограничивающих факторов.



Существует прямая зависимость интенсивности жизнедеятельности от степени выраженности любого фактора.

В природе трудно отделить действие одного фактора от другого, поэтому организмы всегда испытывают их совместное влияние. Например, солнечный свет, освещая поверхность какого-либо тела, одновременно и нагревает его, нагревание сопровождается испарением влаги. Это зависит от многих других факторов: рельефа и экспозиции, состояния атмосферы, движения воздуха (ветра), времени суток и сезона года, солнечной активности, присутствия растительности или крупного водоёма и пр.

Регулярность действия экологических факторов способствует развитию приспособленности организмов (видов) к ним.

Многообразие экологических факторов. Все экологические факторы подразделяют на три большие группы — *абиотические, биотические и антропогенные*.

Абиотические факторы. Ими называются все элементы неживой (косной) природы, влияющие на жизнь организмов. Среди них наиболее важными являются свет, температура, влажность, воздух, минеральные соли, рельеф, магнетизм, радиация и др. Часто их объединяют в группы факторов: климатические, почвенные, орографические, геологические, химические и физические.

Влияние абиотических факторов приводит к появлению приспособлений у организмов к ним, что проявляется в изменении протекания физиологических процессов, скорости роста и развития, продолжительности жизни и плодовитости. Абиотические факторы определяют границы распространения видов в биосфере и обуславливают их вхождение в биогеоценозы.

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 определяется его повторяемостью на протяжении длительного периода времени вследствие вращения Земли вокруг Солнца и вокруг своей оси.

Вода (влажность) также выступает необходимым фактором. По отношению к фактору влажности среди сухопутных организмов различают *экологические*

группы — влаголюбивые, предпочитающие умеренную влажность, и сухолюбивые; по отношению к температурному фактору — теплолюбивые, холодолюбивые, морозостойкие и жаростойкие. По отношению к световому режиму среди растений имеются светолубивые, тенелубивые и теневыносливые формы; животных обычно делят тоже на три группы: дневные, ночные и сумеречные.

Биотические факторы. К этой группе экологических факторов относится всевозможное взаимное влияние растений, животных, грибов, бактерий и вирусов. Оно может проявляться как полезное (например, симбиоз гриба и водоросли, микориза, клубеньковые бактерии и др.) и как вредное влияние (болезни, калечение, поедание организмов или их частей и др.). В процессе эволюции у организмов выработалась приспособленность к совместному обитанию. Это проявляется в форме поведения животных, предназначенного для нападения на жертву или для защиты от хищника, паразита, в форме особенностей внешнего и внутреннего строения тела, протекания 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 многогранно. В процессе своего существования он создал большое количество самых разнообразных культурных видов растений и домашних животных, искусственные биогеоценозы и естественным образом преобразовал естественные природные комплексы. При этом изменения, производимые человеком, для одних видов оказываются благоприятными 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 изменённой среде.

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

Например, человек сознательно создаёт высокопродуктивные и устойчивые к заболеваниям формы, расселяет одни, уничтожает другие, ненужные ему, но при этом часто происходит необдуманное, случайное уничтожение целого ряда других ценных видов организмов.

Эти и многие другие примеры свидетельствуют о чрезвычайно мощном, противоречивом и часто внезапном влиянии антропогенных факторов на живую природу, жизнь самого человека и человечества, существование всей биосферы.

Важно подчеркнуть, что на воздействие природных абиотических и биотических факторов, обычно носящих постоянный и циклический характер, у живых организмов в процессе эволюции выработались приспособительные

свойства, тогда как *на многие антропогенные воздействия, обычно действующие внезапно и нерегулярно, таких приспособлений нет.* В этом также проявляется своеобразие действия антропогенных факторов. Поэтому человек, планируя природопользовательскую деятельность, обязан предусмотреть все её последствия, которые скажутся на состоянии биосферы.

1. Назовите группы факторов среды.
2. Почему на действие абиотических экологических факторов у видов вырабатывается приспособленность?
3. Почему у организмов редко вырабатывается приспособленность на действие антропогенных факторов?
4. Объясните, под влиянием каких экологических факторов сформировались сорные растения полевых культур.

§ 27 Человек как житель биосферы

Вспомните:

- какие действия среды называют биотическими факторами;
- что называют абиотическими факторами;
- каковы особенности воздействия антропогенных факторов на биосферу.

Понятие о ноосфере. Ноосфера — это название биосферы в её новом, преобразованном человеком состоянии. Взаимодействие (круговорот) живого и косного вещества планеты обеспечивает динамическое равновесие, биогеохимическую цикличность процессов, сохранение биосферы Земли в её космическом окружении и её эволюцию. Закономерным следствием развития живой материи и биосферы выступает появление человека в мире жизни. Человек как детище природы непрерывно связан с ней, неотделим от общих законов, присущих всему живому. Но в отличие от всех других проявлений высшей организации живой материи человек наделён разумом, что делает его уникальным живым организмом на Земле.

Под влиянием разума человека и его трудовой деятельности биосфера неизбежно переходит в новое состояние — *ноосферу* — сферу разума (от 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».

Ноосферой называют такое состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится главным, определяющим фактором её

развития. Вернадский выделяет биогеохимическую роль человека как особую функцию живого, *«новую геологическую силу, которой никогда ещё не существовало на нашей планете в таком размере»*.

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

Этапы воздействия человека на биосферу. В начале своего становления человек как биологический вид являлся обыкновенным гетеротрофным компонентом биоценозов, принципиально не отличавшимся от других организмов по воздействию на окружающую его внешнюю среду. Но постепенно, благодаря развитию умственных способностей, трудовой деятельности и социальному образу жизни, человек выходил из-под контроля биологических законов развития, всё больше подчинялся законам развития человеческого общества. Использование огня, совершенствование орудий для охоты, рыболовства и собирательства, строительство жилищ, активное расселение по ойкумене (территории Земли, заселённой человеком; от греч. *oikumene* — «населяю»), развитие земледелия и скотоводства и последовавшая затем оседлость многих народов — вот факторы, которые сделали человека силой, изменяющей окружающую среду.

Преобразующее влияние человеческого общества на природу является неизбежным. С ростом населения воздействие общества на биосферу постоянно усиливается в результате вовлечения в хозяйственный оборот всё большего количества имеющихся в ней веществ и энергии и перестройки общей структуры ее связей и зависимостей. Деятельность человека все сильнее изменяет облик планеты. Наступил этап, когда биосфера начала терять свою устойчивость.

Происходит интенсивное развитие производительных сил, совершенствование техники, освободившей человека от воздействия стихийных сил природы. Усиление влияния человека на природу идёт одновременно с возрастанием численности населения планеты. Если к началу XVIII века население Земли составляло приблизительно 600 млн человек, то сейчас оно достигает 6,7 млрд.

Способы воздействия человека на биосферу. Взаимодействие общества и природы непрерывно развивается, интенсифицируется и меняет свою форму. Оно включает в себя изъятие из природы веществ и энергии, создание новых, не свойственных природе химических веществ; уничтожение огромного количества видов живого мира; перемещение многих видов в новые для них места обитания; кардинальное преобразование природных сообществ и целых ландшафтов; сброс колоссального количества отходов (газообразных, жидких, твёрдых) в окружающую среду и многое другое. Люди заселяют наиболее богатые в материальном отношении, благоприятные зоны Земли и коренным образом изменяют существующие здесь природные биогеоценозы, воздвигают города, размещают объекты промышленности и сельскохозяйственные угодья. Тем самым они обедняют экосистему, разру-

шают сложившиеся природные комплексы и уничтожают места обитания живых организмов, загрязняют воду, почву, атмосферу.

Особенно острый конфликт в экосистеме биосферы возник под влиянием засорения среды радиоактивными осадками, газообразными отходами производств, продуктами сгорания, разливами нефти, всевозможными химическими веществами (дефолиантами, ядохимикатами, моющими средствами, искусственными органическими соединениями) и многими другими. Большинство искусственных органических веществ (нейлон, полиэтилен и пр.) не поддаётся биогенной переработке даже с помощью грибов и бактерий, потому они не вовлекаются в биологический круговорот, а накапливаются в биосфере.

В биосфере идёт сокращение биологического разнообразия. Темп вымирания видов в настоящее время в 500–1000 раз выше, чем во весь предшествующий период. Количество исчезающих видов растений, животных, грибов, бактерий огромно. С такой же быстротой в биосфере сейчас исчезают многие природные сообщества.



Биологическое разнообразие — 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. Человечество долго жило в плену иллюзий, не ограничивая своей численности и своих потребностей, поступательно улучшая свой жизненный уровень, повышая своё благосостояние. Однако оказалось, что биосфера обладает *пределами ёмкости* для хозяйственной деятельности человека, что превышение верхнего порога этой ёмкости ведёт 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, совершенствовать своё развитие и существовать на Земле. В процессе эволюции природы и эволюции человека в биосфере сложилось неразрывное диалектическое единство, динамическая система «природа — общество». Поэтому существование этого единства является естественным.

Однако современное общество оказывает на природу разрушительное воздействие, потому и природа по каналам отрицательной обратной связи не всегда даёт адекватные ответы. В итоге в биосфере возникают глобальные нарушения, сбои, снижающие её устойчивость. Такими нарушениями являются истощение озонового слоя вокруг Земли, приводящие к возникновению «парникового эффекта» изменения климата, загрязнение среды в ряде промышленных регионов и, как следствие, — массовые случаи нарушения здоровья людей (аллергия, стрессы, эпидемии и т. п.).

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 ущерб, который наносят человек и общество биосфере, то есть экологически грамотно вести природопользование.

Таким образом, взаимосвязь в системе «природа — общество» предполагает как разумное поведение человека в природе, так и его умелое управление биосферой. При этом должно быть предусмотрено, что возможности биосферы не беспредельны, а управлять этой системой невозможно без знания законов её функционирования, своеобразия всех её звеньев и предела её возможностей. Главным ориентиром всех действий в природе должен стать природосообразный, экологический и морально-нравственный принцип *«Не навреди!»*.

1. Почему роль человека считают геологической силой в биосфере?
2. Когда даже природоохранная деятельность человека способна нанести ущерб биосфере?
3. В своей аллегорической сказке «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?

§ 28

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

Вспомните:

- роль человека как экологического фактора биосферы;
- обязанности человека как жителя биосферы;
- примеры позитивного воздействия человеческого общества на биосферу.

Особенности биосферного уровня. Развитие жизни, её многообразие и структура выражают эволюцию биосферы. В процессе эволюции возникло огромное видовое богатство, свидетельствующее о непрерывности жизни и многообразии живого населения планеты. Виды, связанные друг с другом сложной пищевой сетью и черпающие запасы вещества и энергии из неживой природы в своих местах обитания, образуют многовидовые сообщества — *биогеоценозы*. Их появление на Земле шло одновременно с появлением живых организмов, а их многообразие является результатом процесса эволюции живого, эволюции биосферы как целостной глобальной биосистемы.

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

Каждый уровень организации жизни характеризуется особыми качествами, законами, особой степенью сложности. Например, биосфера, как и все биосистемы, характеризуется целостностью, своеобразием свойств и явлений, особой структурой и величиной охвата элементов. В этом отношении биосферный структурный уровень живой материи является самым высоким и сложным, в него входят все нижележащие уровни (биогеоценотический, популяционно-видовой, организменный, клеточный и молекулярный). При этом каждый предыдущий уровень относится к последующему, как часть к целому.

Рассмотрение событий и явлений в природе с позиции разных структурных уровней организации жизни — важнейшее естественнонаучное и философское обобщение биологии 60-х годов XX века. Его развитию способствовали исследования учёных многих стран, в том числе и отечественных философов и биологов.

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

Словом «*структура*» (от лат. *structura* — «строение») выражают количество элементов в системе, их взаимоположение и единство устойчивых взаимосвязей между ними. Термином «*процесс*» (от лат. *processus* — «прохождение», «продвижение») обозначают закономерное, последовательно протекающее изменение явления, его развитие или переход в другое явление. Термин «*организация*» в теории структурных уровней выражает понятие о регулируемости (управляемости) процесса, динамичности элементов и их связей у системы в её целостности.

Основными структурными элементами биосферы выступают различные биогеоценозы и человек как житель биосферы, являющийся её важным структурным и функциональным элементом.

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

Организация биосферы. Она проявляется в устойчивости, которая достигается упорядоченностью процессов, обусловленных взаимным влиянием живой и неживой природы. Организация проявляется в многообразии взаимосвязей различных организмов, наличии обратных связей, динамическом равновесии восходящих и нисходящих потоков в круговороте веществ.

Значение биосферного уровня. Главная роль биосферы заключается в обеспечении многообразия форм жизни на Земле и его сохранения в течение длительного времени.

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

Основная стратегия биосферного уровня — 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: непрерывное поступление солнечной энергии; образование свободного кислорода растительным покровом планеты и сохранение озонового слоя; поддержание постоянства концентрации углекислого газа в атмосфере; обеспечение живого населения нужными химическими веществами и необходимыми ареалами для его размещения на земной поверхности; наличие условий дальнейшего развития биологического разнообразия видов и экосистем; возникновение новых биогеохимических круговоротов, утилизирующих антропогенные загрязнения природы.

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

Надо заметить, что для полноты представления о строении биосферы и её функционировании надо знать не только её особенности (структуру, процессы и организацию), но и свойства систем более низких уровней, входящих в неё. Поэтому для характеристики свойств биосферы как самого высокого надорганизменного уровня живой материи необходимо знание свойств её компонентов (биогеоценозов) и специфики их взаимодействия с окружающей средой. Кроме того, нужно знание свойств популяций видов, входящих в эти биогеоценозы. 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 самой жизни.

1. Какие свойства биосистем используются для характеристики структурных уровней организации живой материи?
2. Назовите основные процессы, обеспечивающие существование биосферы.
3. Охарактеризуйте особенности организации биосферы.
4. Проверьте правильность утверждений.
 - Биосфера — это глобальная система живых организмов.
 - Основная стратегия биосферного уровня жизни — сохранение её бесконечности и обеспечение динамической устойчивости.
 - Основными структурными элементами биосферы являются биогеоценозы.
 - Биосфера — это наивысший структурный уровень живой материи.

Вспомните:

- процессы, специфичные для биосферного уровня организации жизни;
- место человека в экосистеме «биосфера»;
- значение биосферного уровня для природы.

Человек как фактор биосферы. Закономерным следствием развития живой материи и биосферы стало появление человека в мире живой природы. В течение некоторого периода времени человек, как и другие живые существа, был естественным компонентом своих биогеоценозов и жил по законам природы. Но, начиная со времён возникновения земледелия и скотоводства, взаимоотношения человека с природой начинают качественно меняться. Ситуация осложнилась ещё и тем, что человек начал активно и во всё увеличивающихся масштабах извлекать полезные ископаемые из недр Земли. Это привело к изменению характера окружающей среды, ландшафта и, что особенно важно, — к изменению характера глобального круговорота веществ и потока энергии на планете.

Особенно сильно обозначились изменения протекания естественных процессов в биосфере к середине XX века, когда человечество, идя по пути научно-технического прогресса, стремилось обеспечить своё благополучие, не считаясь с возможностями природы. Чрезвычайно возросла добыча различных металлов, углеводородного топлива (угля, нефти, сланцев, газа). В итоге в круговорот веществ биосферы стали включаться запасённые ею вещества, некогда выведенные из круговорота и находившиеся в осадочных породах. Появление этих «новых» веществ, не свойственных современной биосфере, привело к загрязнению воды, воздуха и почвы.

Прежде всего эти изменения почувствовали растения, животные и другие организмы. Произошло быстрое сокращение их численности, вызванное как загрязнением окружающей среды, так и сокращением и разрушением мест их обитания. Загрязнение окружающей среды вскоре коснулось и человека. Появились массовые, так называемые средовые заболевания в виде аллергии, стресса, отравлений (нитратами, тяжёлыми металлами и пр.), уродств у новорождённых и пр. Такие недуги наблюдались и раньше, но они носили эпизодический характер, а в настоящее время они получили широкое распространение во всех странах на Земле.

Научная основа сохранения биосферы. В связи с чрезвычайной актуальностью обнаружившихся проблем внимание учёных было направлено на экологию, которая является научной основой рациональной деятельности человека в природе, так как вскрывает законы, управляющие процессами в биосфе-

ре и в отдельных биогеоценозах. Экология выявляет возможности проявления свойств отдельных организмов (в том числе и человека) и законы сохранения биологического разнообразия (генетического фонда), способы поддержания жизнедеятельности экосистем и устойчивости биосферы. В этих условиях экология как наука диктовала необходимость развития у людей осознания того, что необдуманное желание полновластия над природой делает самого человека зависимым от тех перемен в биосфере, которые он сам вызывает.

Экологические исследования также свидетельствуют, что решение проблем сохранения жизни на Земле зависит от становления экологической культуры каждой личности и общества в целом. При этом экологическая культура рассматривается как единство экологической образованности, экологического сознания и экологической деятельности, направленных на гармонизацию взаимоотношений между обществом и природой.

Лишь в этом случае возможно устойчивое развитие природы и общества на Земле.



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

Задачи устойчивого развития. В 1987 году Международная комиссия по развитию окружающей среды опубликовала доклад «Наше общее будущее», в котором была высказана идея о необходимости формирования экологически устойчивого общества. Углубление и более широкое пояснение 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» была дана оценка развития цивилизации и сделан вывод о необходимости перехода человечества на путь *устойчивого развития*.

Понятие устойчивого развития включает признание того, что центральное место в биосфере занимают люди, которые должны иметь право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой; что охрана окружающей среды и природы в целом должна стать неотъемлемым компонентом развития общества и не может рассматриваться в отрыве от него. Устойчивое развитие предусматривает сохранение окружающей среды как для нынешнего, так и для будущих поколений. Высказанная идея устойчивого развития общества созвучна учению о становлении ноосферы («сферы разума») и выступает как бы начальным этапом её развёртывания.

В документах, принятых на конференции в Рио-де-Жанейро, разъясняется, что основными факторами перемен в окружающей среде являются население Земли, потребление и применяемые технологии. Тогда же были предложены меры и программы для достижения устойчивого равновесия между потреблением, населением и способностью Земли поддерживать жизнь. Одновременно было подчёркнуто, что необходимо обеспечить просвещение населения Земли в области экологии, что поможет людям выработать такие экологи-

ческие и этические нормы, которые потребуются для обеспечения устойчивого развития нашей планеты.

В документах Конференции подчёркивалась необходимость осознания ценности жизни и всей биосферы в целом.

Человек как компонент биосферы должен чётко представлять своё место в мире, хорошо знать, что ему недоступно и запрещено, предвидеть результаты своих действий в природе. Положения «Не навреди», «Природа знает лучше» и «За всё надо платить» как важнейшие принципы должны войти в мировоззрение каждого человека, стать основой его культуры и образа жизни (рис. 49).

Основываясь на этих принципах, человек и всё человечество должны коренным образом пересмотреть своё отношение к природе, строить природопользование экологически компетентно, учитывая пределы устойчивости биосферы.

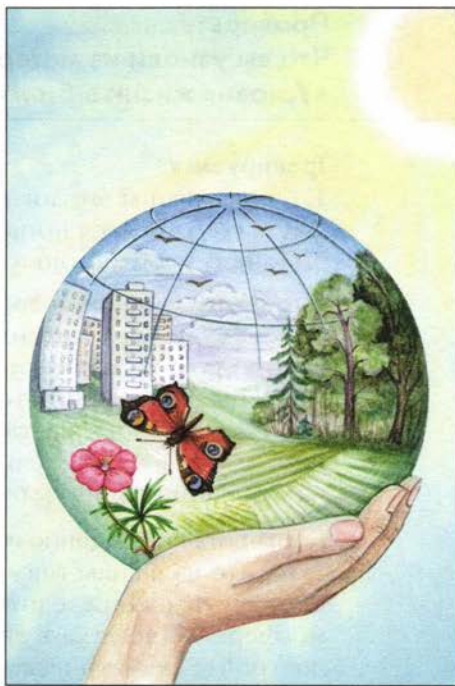


Рис. 49. Только бережное отношение к природе спасёт биосферу и жизнь человечества в ней

Человечество сможет выжить, только кардинально изменив стратегию своих взаимоотношений с биосферой, то есть перейдя от мировоззрения покорения природы к эколого-ноосферному.

1. Поясните, зачем человечество обратилось к экологии для решения проблем сохранения жизни на Земле.
2. Отчего земледелие и скотоводство, сыгравшие весьма прогрессивную роль в развитии человечества, сейчас рассматриваются как факторы нарушения устойчивости биосферы?
3. Почему для достижения устойчивого развития биосферы обращаются к вопросам нравственности и культуры?
4. Какую строку четверостишия, написанного поэтом Е. Евтушенко, вы сочтёте наиболее важной?
...Берегите эти земли, эти воды,
Даже малую былиночку любя,
Берегите всех зверей внутри природы,
Убивайте лишь зверей внутри себя.

Проверьте себя.

Что вы узнали из материала главы 6 «Условия жизни в биосфере»?

Тренируемся

1. Какие группы биологических факторов действуют в биосфере?
2. Как соотносятся понятия «культура» и «природа»?
3. Почему необходимо охранять биосферу?

Выскажите свою точку зрения

1. Почему земледелие и скотоводство, сыгравшие весьма прогрессивную роль в развитии человечества, сейчас рассматриваются как факторы нарушения устойчивости биосферы?
2. Почему экологи настаивают на рациональном природопользовании, а не только на охране природы? В чём отличие понятий «рациональное природопользование» и «охрана природы»?

Проведите наблюдение и установите

Выйдите из школы (из дома) на улицу и оцените состояние окружающей среды. Определите, что может воздействовать на качество атмосферного воздуха в данном месте. На основе ваших наблюдений постройте схематическую модель «Состояние воздуха в зависимости от факторов внешней среды». Перечислите объекты среды, которые вы учтёте в качестве экологических факторов, влияющих на состояние воздуха на указанной территории.

Обсудите проблему

1. Можно ли заранее предвидеть все результаты человеческой деятельности в биосфере?
2. В XIX веке в стихотворении «Три пальмы» М. Лермонтова видели аллегорию неблагодарности людей за содеянное добро. А как это стихотворение воспринимаете вы? Возьмите том произведений 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.

Моя позиция

Я воспринимаю строки из стихотворения Р. Рождественского «Не навреди», в которых прозвучал главный постулат клятвы Гиппократы как призыв поэта к бережному отношению к окружающей нас природе. Эти слова, по моему мнению, касаются каждого человека на Земле.

Не навреди, человек, ни берёзе, ни морю,
Влажной тропинке и птице, летящей во тьму.
Вместе со всею немыслимой мощью
Не навреди ненароком себе самому...

Узнайте больше

- Какие заповедники и заказники есть в нашем регионе? Что и кто охраняется в них?
- Какие природоохранные мероприятия проводились учениками вашей школы в этом году?

Темы самостоятельных исследований

1. Истощение минеральных веществ (по осеннему опадению листьев) в почве и меры по его предотвращению.
 2. Роль листопада в лесу, парке и сквере.
- На основе исследования сформулируйте предложения по вопросу: «Как сохранить плодородие почвы?»

Темы рефератов

1. Случайность и непредсказуемость экологических последствий в биосфере.
2. Адаптация организмов к вредным воздействиям факторов окружающей среды.
3. Процессы биологического самоочищения природных вод.
4. Прокариоты на службе по защите почвенной среды жизни от тяжёлых металлов.
5. Биологические основы природоохранной деятельности.
6. Биология видов, обнаруженных в XX веке.

Основные понятия темы

Среды жизни, экологические факторы: абиотические, биотические, антропогенные; ритмы жизни, закон оптимума, закон минимума, закон ограничивающего действия, ноосфера, биологическое разнообразие, устойчивость, биосферный структурный уровень организации живой материи, экологическая культура, рациональное природопользование.

Биогеоценотический уровень организации жизни

Изучив материал раздела III, сумеете охарактеризовать:

- основные свойства и значение биогеоценотического уровня организации живой материи;
- биогеоценоз как биосистему и экосистему;
- строение и свойства биогеоценоза как природного явления;
- основные механизмы устойчивости биогеоценоза (экосистемы);
- причины смены биогеоценозов;
- роль биогеоценозов в эволюции живых организмов.

Вы сможете:

- сравнивать экосистемы биогеоценоза и биосферы;
- описывать экосистемы и агроэкосистемы своей местности;
- составлять схемы переноса веществ и энергии в экосистемах;
- выявлять антропогенные изменения в биогеоценозах;
- обосновать собственную позицию по отношению к экологическим проблемам и поведению в природе.

Глава 7

Природное сообщество как биогеоценоз и экосистема

§ 30

Биогеоценоз как биосистема и экосистема

Вспомните:

- какие компоненты составляют структуру биосферы;
- системообразующий фактор биосистемы (и экосистемы) как её главный признак;
- сущность понятия «структурный 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 являются биогеоценозы. Они осуществляют эту связь и реализуют биогеохимические циклы общего биологического круговорота веществ в биосфере.

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



Круговорот веществ — главный признак биогеоценоза.

Биогеоценозы как сложные многовидовые системы входят в состав биосферы как её части, являясь её основными структурными компонентами. Но на своём *биогеоценозическом уровне* они выступают как самостоятельные, целостные единицы жизни.

Строение и свойства биогеоценозов исследует особая область науки биологии — *биогеоценология*.

Биосистемам определённого уровня присущи свои уникальные законы. 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, создаёт 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.

Понятие о биогеоценозе. В биогеоценозах протекает жизнь живых организмов.

На любом участке земной поверхности имеются разнообразные организмы, которые, живя вместе, образуют единый комплекс — *природное сообщество*. Все члены этого сообщества обладают приспособленностью к совместной жизни. Эта приспособленность выражается в одинаковых требованиях к условиям среды обитания и в сходстве разнообразных межвидовых связей и взаимоотношений, возникающих при совместном обитании популяций разных видов на 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 непрерывно поддерживать поток веществ, обеспечивающий устойчивое существование этой биосистемы.

Биогеоценозы могут сформироваться на любом участке земной поверхности, сухопутном и водном. Они могут быть степными, болотными, луговыми и т. п. Земная поверхность, занятая культурными растениями, посевами или плантациями, садами, парками, представляет собой культурные биогеоценозы.

Биогеоценозы — это природные образования, из которых состоит живой покров биосферы.

Биогеоценозу присущи целостность и саморегуляция процессов, обусловленные воздействием разнообразных связей. Важнейшие взаимоотношения населения биогеоценоза — средообразующие, пищевые, территориальные (пространственные). При этом все формы *устойчивых* взаимоотношений в биогеоценозе устанавливаются не на уровне видов или отдельных особей, а на уровне популяций разных 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 российский учёный-ботаник В.Н. Сукачёв. Начав разрабатывать это учение ещё в 20-х годах XX века, он сформулировал основные положения о биогеоценозе. В.Н. Сукачёв доказал, что биогеоценоз является важной функциональной единицей живой природы, биосистемой, в которой осуществляется тесное взаимодействие двух её значимых частей — комплекса живых организмов (биоценоза) и комплекса условий внешней среды — биотопа (от греч. *bios* — «жизнь» и *topos* — «место»), во многом созданного самим живым населением.

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.



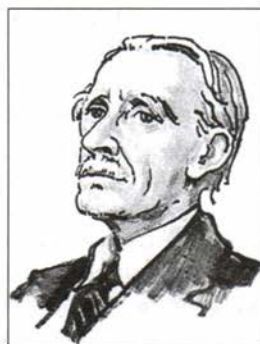
Владимир Николаевич Сукачев (1880–1967), российский ботаник, дендролог, лесовед, биолог и географ. Основатель биогеоценологии

Таким путём, базируясь на пищевых взаимоотношениях видов, в биогеоценозе идёт 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 (рис. 50).

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 учёных эта совокупность называлась биогеоценозом, а в работах зарубежных биологов — экосистемой (от греч. *oikos* — «жилище», «местопребывание»

и *systema* — «сочетание», «объединение»). Термин «экосистема» ввёл в 1935 году английский ботаник А. Тенсли. По его определению, экосистема — это комплекс организмов и физических факторов окружающей среды, функционирующий за счёт обмена веществ и потока энергии. Тенсли считал, что экосистемы представляют собой «основные природные единицы на земной поверхности».

Сопоставляя определения, можно видеть, что термин «экосистема» в понимании зарубежных учёных есть то же самое, что «биогеоценоз» для многих биологов и экологов нашей страны. Однако в трактовке этих терминов всё же имеются некоторые различия. Считается, что содержание понятия «биогеоценоз» отражает преимущественно *конкретные структурные характеристики* изучаемой биосистемы, тогда как понятие «экосистема» выражает её *функциональную сущность*. Так, термином «биогеоценоз» обозначается природный комплекс живых организмов и условий среды *конкретного участка земной поверхности*, границы которого можно нанести на карту. Биогеоценоз конкретен, ему при-



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

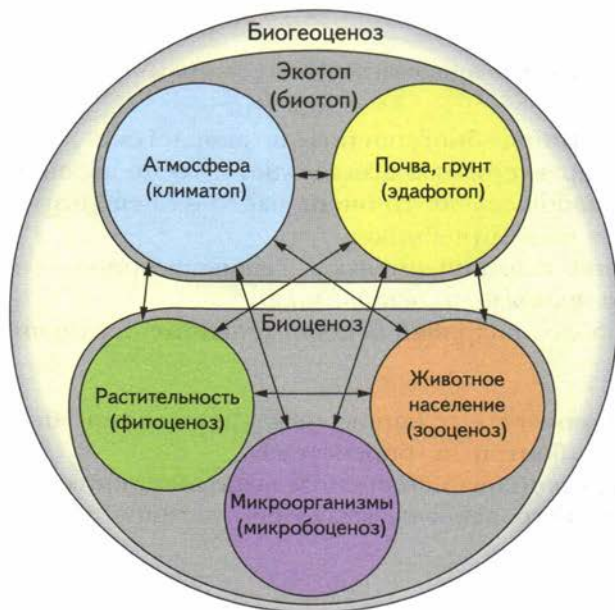


Рис. 50. Структура биогеоценоза (по В.Н. Сукачёву)

сваивают 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, таёжный лес, мезоэкосистема — ельник, пихтовый лес, березняк, а микроэкосистема — трухлявый пень в лесу, аквариум с живым населением. Самой крупной экосистемой считается биосфера.

В настоящее время биогеоценоз как биосистема многовидового уровня считается основной *структурной* единицей живого покрова в биосфере, а экосистема — основной *функциональной* единицей живой природы (рис. 51).

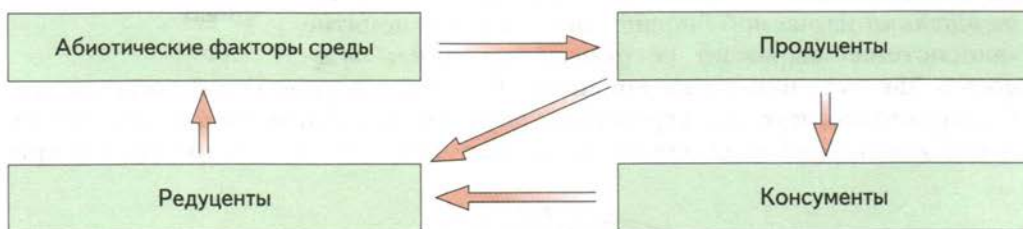


Рис. 51. Основные структурные компоненты экосистемы (по А. Тенсли)

Поскольку термины «биогеоценоз» и «экосистема», хотя и несколько с разных сторон, характеризуют всегда одно и то же явление живой материи — *природное сообщество*, то очень часто их используют как синонимы, в частности и в нашем учебнике.

Обычно биогеоценозами именуют наземные природные сообщества, а водные называют *водными экосистемами*.

Рассмотрим более подробно основные положения учений о биогеоценозе и экосистеме.

1. Охарактеризуйте различие между понятиями «биоценоз», «биогеоценоз», «биотоп» и «биосистема».
2. Какие функции в биогеоценозе выполняет круговорот веществ?
3. Почему биогеоценоз называют биосистемой?

Вспомните:

- авторов учения о биогеоценозе и экосистеме;
- классификацию экосистем;
- главное различие в трактовке понятий «биогеоценоз» и «экосистема».

Основные положения концепции экосистемы. Концепция (от лат. *conceptio* — «понимание») — это основная идея, система взглядов на те или иные явления и процессы. Концепция экосистемы базируется на принятии идеи открытости живой системы. Вещество и энергия для функционирования и развития системы должны обязательно поступать из внешней среды. Открытые системы, к которым относятся экосистемы, могут развиваться только за счёт использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей среды. Изолированное саморазвитие экосистемы невозможно. Вещество, энергия и информация, поступающие извне, по сути являются важнейшими факторами существования этой системы.

Сложный процесс взаимодействия организмов и среды в экосистеме (как и в биогеоценозе) протекает в форме биологического круговорота веществ и движения энергии. Круговорот в экосистеме выполняет функцию *системообразующего фактора*, интегрирующего взаимодействие абиотической среды и живого населения. В различных экосистемах круговорот веществ идёт при участии различных компонентов и с разной скоростью, но везде его первоосновой является процесс автотрофного биосинтеза.

Поддержание жизнедеятельности организмов и круговорот веществ в экосистемах осуществляются только при постоянном притоке энергии. Энергия поступает в экосистему в виде солнечного излучения. Согласно основным законам термодинамики в экосистеме энергия переходит из одного вида в другой. Часть поступающей солнечной энергии преобразуется сообществом и переходит на качественно более высокую ступень, трансформируясь в органическое вещество (в химические связи), являющееся более концентрированной формой энергии, чем солнечный свет. Но большая часть энергии деградирует и в процессе движения через экосистему покидает её в виде низкокачественной тепловой энергии (метаболическое тепло).

Энергия в экосистеме может накапливаться в виде химических связей органических веществ, снова высвобождаться или экспортироваться по цепям питания, но она не используется вторично (рис. 52).

Понятие экосистемы опирается на принцип «энергетической проводимости», согласно которому поток энергии, вещества и информации в системе должен быть сквозным, охватывающим всю экосистему или косвенно отзы-

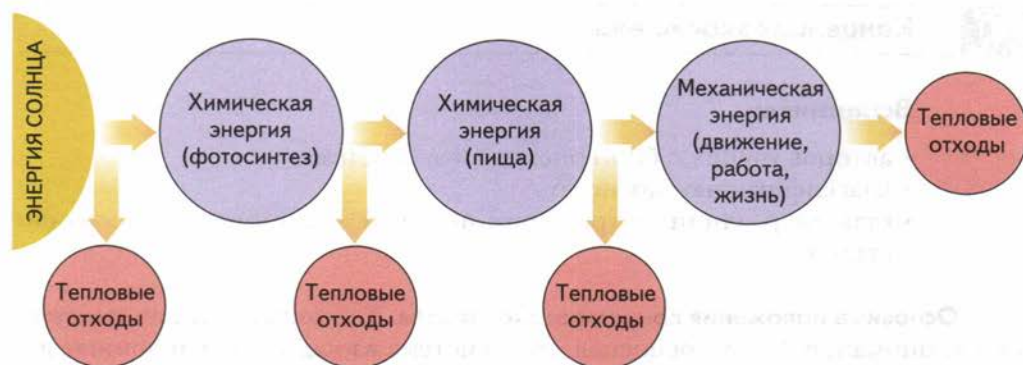


Рис. 52. Схема движения энергии в экосистеме

вающимся в ней. Иначе система не будет иметь свойства единства, целостности. Естественно, что в разных экосистемах длительность и скорость прохождения потока энергии, вещества и информации будет разной, специфической для конкретной экосистемы.

Само движение вещества и энергии в экосистеме подчинено ряду закономерностей: *сохранению массы* (масса веществ до химической реакции равна массе веществ после химической реакции); *сохранению энергии*, или *первому закону термодинамики* (энергия не создаётся и не исчезает, а переходит из одного состояния в другое); *второму закону термодинамики* (энергетические процессы могут идти самопроизвольно лишь при переходе энергии из концентрированной формы в рассеянную, при этом происходящие потери энергии в виде тепла обуславливают невозможность стопроцентного перехода одного вида энергии в другую); *максимизации энергии* (выживает в соперничестве с другими та система, которая обеспечивает лучшее поступление энергии и использует её максимальное количество наиболее эффективным способом) и др.

Структура экосистемы. Структура экосистемы та же, что и у биогеоценоза (и биосферы). Она характеризуется наличием двух системообразующих частей — абиотических условий среды и живого населения, включающего в себя три функционально различные группы организмов, осуществляющие движение веществ в круговороте химических элементов Земли и поток энергии. Все вместе они образуют структуру из четырёх звеньев (рис. 53).

Первый компонент — *абиотические факторы среды*, или *биотоп* (местообитание), то есть весь комплекс неживой природы, в том числе физические факторы (солнечная энергия, давление, теплота и пр.), химические факторы (вода, биогенные элементы, минеральные соли, газы), откуда биоценоз черпает средства жизни и куда выделяет продукты своего обмена.

Второй компонент — *продуценты*, или «*образователи*», представленные комплексом разнообразных зелёных растений и фотосинтезирующих

бактерий. Они обеспечивают всё живущее здесь население органическим веществом и запасённой энергией.

Третий компонент — комплекс всевозможных *организмов-гетеротрофов*, живущих за счёт готовых органических веществ, которые создали продуценты. Это — *консументы*, или *потребители*. Среди них — разнообразные растительноядные, плотоядные и паразитические организмы.

Четвёртый компонент — комплекс организмов, разлагающих органические соединения до минерального состояния. Это — *редуценты*, или *разлагатели*, представленные макро- и микроорганизмами; среди них — бактерии, грибы, животные (простейшие).

Между четырьмя звеньями существуют тесная взаимосвязь и зависимость. Свойства каждого звена во многом определяют свойства последующего звена, равно как и оно само находится в зависимости от функционирования предыдущих звеньев. Все процессы жизнедеятельности организмов протекают на фоне взаимодействия с окружающей средой. Сюда включаются аккумуляция солнечной энергии, потребление химических веществ живыми организмами из почвы, воздуха и возвращение их в абиотическую среду.

Таким образом, основными компонентами экосистемы являются природный резервуар элементов минерального питания и сообщества живых организмов (продуцентов, консументов и редуцентов) с функционально различными свойствами.

Характеристики экосистемы. При характеристике экосистемы обычно рассматриваются её трофико-энергетические свойства (признаки):

- структура экосистемы, её функциональные компоненты, круговороты химических веществ, величина и скорость однонаправленного потока энергии, качество этой энергии, то есть всё то, что определяет работоспособность экосистемы;

- энергетика системы, характер поступления энергии (естественная солнечная или в виде пищи, топлива) с расчётом энергетического баланса скорости фиксации солнечной энергии в химические связи с объёмом синте-

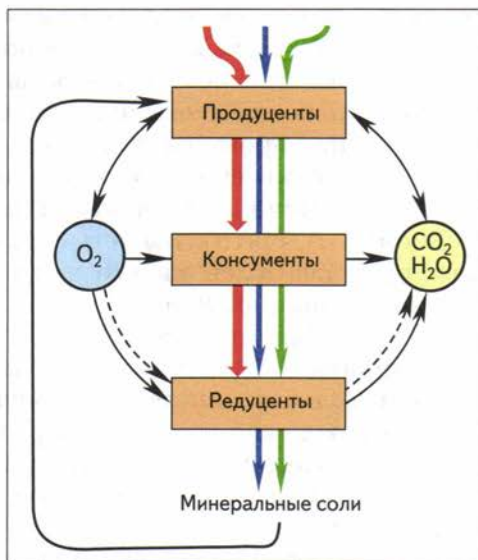


Рис. 53. Структура экосистемы, включающая поток энергии (красные стрелки), химических веществ (зеленые стрелки) и воды (синие стрелки). Прерывистые стрелки обозначают участие бактерий

зируемой биомассы в зависимости от участвующего населения и условий окружающей среды, их качественного и количественного состояния;

- направление и скорость движения веществ и энергии по цепям питания и разложения, геохимические циклы в круговороте веществ для выяснения функционирования системы;

- продуктивность экосистемы в виде биологической продукции (первичной, вторичной) и биомассы, пирамиды продукции (пирамиды энергии и биомассы), продуктивность отдельных трофических уровней или отдельных представителей живого населения, привлекающих внимание человека с тех или иных позиций;

- трофико-динамическое состояние экосистемы и утилизация организмами природных ресурсов и потока энергии с количественной оценкой значения отдельных популяций, входящих в экосистему и находящихся на разных ступенях использования энергии;

- биологическая регуляция геохимической среды, отражающая факты зависимости химической и физической среды на Земле от жизнедеятельности организмов.

Таким образом, учёные при исследовании экосистемы практически рассматривают лишь материально-энергетические стороны природного объекта. Видовое население учитывается абстрактно, в обобщённом виде, без конкретизации каких-либо представителей живой природы. Они упоминаются лишь тогда, когда какое-нибудь из них уникально по своему функциональному участию в энергетическом балансе экосистемы.

Однако такой обобщенный подход позволяет видеть сходство и общность у принципиально различных природных объектов (море и лес, злаковое поле и аквариум) и различие у внешне похожих (смешанный лес или дубрава и др.). Как видим, концепция экосистем позволяет с определённых и важных позиций характеризовать разные природные сообщества.

Широкому распространению идеи об экосистеме способствовала также большая гибкость данного понятия. Оно не ограничено строгими рамками размеров или количеством участвующих компонентов и создаёт возможность моделирования процессов в экосистеме, моделировать саму систему, обсчитывать её природные ресурсы и их потери, теоретически обосновывать природосохраняющие мероприятия. Однако понятие об экосистеме слабо отражает свойства какого-либо конкретного территориально-природного комплекса, не раскрывает биоценотических взаимосвязей и зависимостей, биологического разнообразия видов, входящих в данный природный комплекс. Эти свойства характеризуются в учении о биогеоценозе. В то время как в определении экосистемы отмечается, что она охватывает комплексы любого масштаба (от аквариума до Мирового океана), в определении биогеоценоза подчёркивается его отчётливая территориальная приуроченность. Несмотря на некоторые различия в концептуальных подходах, тер-

мины «биоценоз», «сообщество», «биогеоценоз» и «экосистема» практически означают одно и то же природное явление — многовидовой (надвидовой) уровень организации биологических систем. Поэтому в специальной литературе они часто используются как синонимы.

1. Кто сформулировал понятие «экосистема»?
2. По каким свойствам характеризуют надвидовую биосистему как экосистему?
3. На примере конкретной экосистемы поясните, какие организмы (продуценты, консументы, редуценты) для неё более значимы.
4. Смоделируйте состояние экосистемы «пруд» с карасём, окунем и щукой, если из него путём отлова будет полностью удалена щука.

§ 32

Природное сообщество в концепции биогеоценоза

Вспомните:

- в каком случае надвидовую биосистему называют экосистемой;
- свойства, по которым характеризуют экосистему;
- различие между понятиями «биогеоценоз» и «экосистема».

Понятие о биогеоценозе — одно из важнейших понятий биогеоценологии и экологии. Оно выражает его сущность как *функциональной и территориально-пространственной единицы биосферы*.

Направления исследований биогеоценоза. В концепции биогеоценоза, сформулированной академиком В.Н. Сукачёвым, многие позиции совпадают с концепцией экосистемы. Это обусловлено тем, что обе концепции ориентированы на раскрытие явлений и закономерностей у одного и того же природного объекта — *надорганизменной биосистемы* (природного сообщества), которую одни называют биогеоценозом, а другие — экосистемой. Разные подходы этих концепций, как бы дополняя друг друга, фактически обеспечивают более полное раскрытие свойств сложной биосистемы. С позиции экосистемных исследований полнее раскрываются трофико-энергетические связи и зависимости надорганизменной биосистемы, а с позиции биогеоценологических исследований — пространственные (хорологические), структурно-функциональные и биоценотические. Помимо этого при раскрытии сущности надорганизменной биосистемы с позиции концепции биогеоценоза большое внимание уделяется конкретным натуралистическим (полевым) исследованиям.

Внимание экологов, придерживающихся концепции биогеоценоза, сосредоточено на изучении многообразия биогеоценозов, их отдельных компонентов (состава видов и их взаимосочетания в сообществе, средообразующих

свойств видов и др.), структуры и динамики развития биогеоценоза. Также исследуются конкретные условия биотопа, особенности расположенных на его территории фитоценозов, зооценозов, энтомоценозов, микробоценозов и пр. Выясняются сложные биоценотические связи, обеспечивающие биогенный круговорот веществ и поток энергии, характерные внешние («физиономические») черты биогеоценозов, их пространственная и временная структура, ритмы жизни, динамика, смена и её причины.

В качестве признаков биогеоценоза рассматриваются: видовое разнообразие, количественное участие видов, экологические ниши, архитектура (строение) в пространстве и во времени, структура и значение биотических отношений, пищевые сети и цепи питания. При этом даётся широкая трактовка трофических взаимоотношений между компонентами.

Важным направлением в изучении биогеоценозов является определение ресурсного обеспечения живого населения и колебаний численности популяций в связи с этим. Такие исследования позволили иначе смотреть на популяции (виды) — как на компоненты биогеоценоза при определении их «полезности» и «вредности» в биосистеме.

Так, вскрывая межвидовые связи отдельных членов биоценоза, учёные сделали много практических выводов. Например, красная сибирская полёвка, считающаяся вредным грызуном, хотя и уничтожает какую-то часть растительной массы, тем не менее является основным пищевым ресурсом для ценных пушных зверьков, особенно соболя и колонка. Уничтожение полёвки сокращает пищевую базу этих хищников, а это может привести к сокращению их численности (рис. 54).

Или другой пример. Ёрш в ряде районов считается промысловой рыбой. Однако он является там «сорным» представителем, так как питается пищей других, более ценных промысловых рыб. Ёрш очень прожорлив, но прирост веса у особей чрезвычайно маленький. При этом ёрш весьма плодовит и потому быстро заселяет водоёмы, вытесняя другие виды рыб (рис. 55).

Аналогичные исследования, проведённые во многих районах Земли, привели к пересмотру практической ценности целого ряда организмов. Многочисленные примеры, выявленные экологами, заставили человека более осторожно и осмотрительно вмешиваться в жизнь природы, рассматривать биологическое разнообразие живого населения как величайшую ценность нашей планеты.

Заметим, что ещё в 1912 году учёный-лесовед Г.Ф. Морозов сформулировал важное правило: «В природе не существует полезных и вредных птиц, полезных и вредных насекомых, там всё служит друг другу и взаимно приспособлено».

Такой подход обеспечивает успешное познание многосторонних свойств биогеоценозов и их отдельных компонентов. Все сложные формы биогеоценотических отношений рассматриваются в определённых конкретных условиях среды.

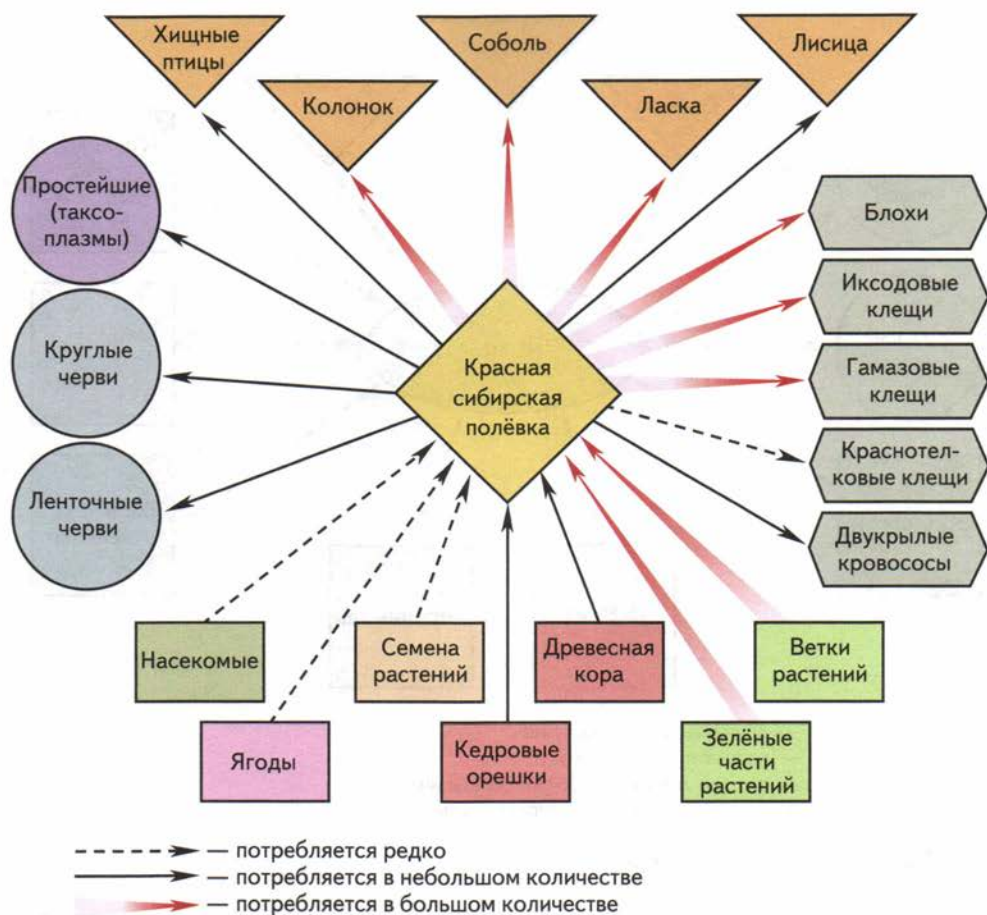


Рис. 54. Пищевые связи красной сибирской полёвки

В рамках биогеоэкологической концепции при характеристике биогеоценоза исследуют специфические особенности биотопа (химизм, температура, освещённость, влажность, рельеф, экспозицию склонов и пр.), историю возникновения и развития, эволюцию и инвентаризацию биогеоценозов.

Одной из главных задач исследования биогеоценоза является выяснение взаимосвязи между свойствами его компонентов и его структурой, которая проявляется независимо от состава входящих в него видов.

Биогеоценозы могут быть самых различных размеров. Кроме того, они характеризуются очень большой сложностью — в них подчас трудно учесть все компоненты и их звенья. К биогеоценозам относятся, например, такие естественные биосистемы, как лес, озеро, луг. Сравнительно простыми и чётко отгра-

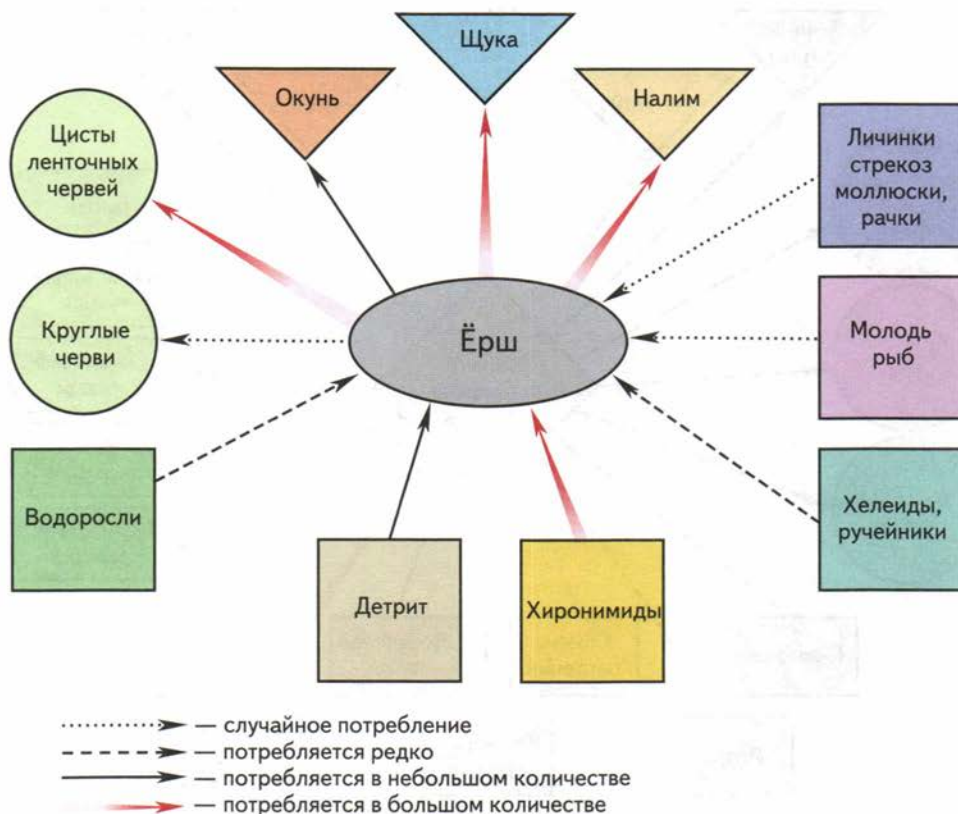


Рис. 55. Пищевые связи ерша

ниченными биогеоценозами могут служить пруд, аквариум. Однако любой биогеоценоз, независимо от его размеров и сложности, состоит из двух основных частей — биотопа и биоценоза. В биоценозе, в свою очередь, обычно наблюдаются три функционально разные группы организмов — производители (продуценты), потребители (консументы) и разрушители (редуценты). Для каждого биогеоценоза характерен свой тип вещественно-энергетических связей.

Границы биогеоценоза. В живом покрове Земли в горизонтальном направлении один биогеоценоз переходит в другой. Обычно это связано с качественными (главным образом, почвенными) изменениями в условиях среды и со спецификой *фитоценоза* (растительного сообщества). Размером качественно своеобразных участков местообитаний, размером фитоценоза определяется размер биогеоценоза. Чем больше территория однотипного участка, тем больше размер фитоценоза, а следовательно, и размер биогеоценоза. Резкую границу между двумя соседними биогеоценозами провести трудно, но, со-

поставляя между собой основные черты граничащих биогеоценозов, их видовой состав, количественное соотношение видов в них, условия жизни организмов и структуру сообществ, её можно определить. *Границы биогеоценозов* всегда определяются по фитоценозам, однако качественная сущность сообществ, характер типов взаимоотношений между организмами и само существование биогеоценоза зависят от местообитания. Основываясь на различии местообитаний (биотопов) и фитоценозов, границы биогеоценоза можно нанести на карту, измерить его размеры и периметр.

Биотоп (местообитание). Понятие биотоп (или местообитание) — важная характеристика биогеоценоза. Оно характеризует не пространство, не территорию, занимаемую сообществом, а взаимодействующий комплекс экологических условий окружающей среды, в совокупности с которым протекает жизнь сообщества. Местообитание нельзя определить лишь как сумму действия экологических абиотических факторов. В его характеристике с большой силой проявляется *средообразующая*, или *эдификаторная*, роль самого населения биогеоценоза, живущего на данной территории.

Своим присутствием в биогеоценозе, своей жизнедеятельностью его обитатели существенно изменяют абиотические условия среды (экотоп) и тем превращают их в биотоп.

Таким образом, исследуя биогеоценоз, трудно отделить роль окружающей среды от роли самого сообщества в создании условий жизни в нём, ибо они сформировались под непосредственным влиянием друг на друга. Биологическое сообщество и его биотоп представляют собой диалектическое единство организмов и среды, благодаря которому каждый конкретный биогеоценоз имеет специфический, присущий только ему биотоп.

Участки земной поверхности, характеризующиеся сходными местообитаниями, обычно имеют сходные биогеоценозы.

Местообитание служит для организмов биогеоценоза «домом» и источником средств жизни. Этим понятие «местообитание» отличается от понятия «местонахождение». Последнее обозначает лишь положение биогеоценоза в пространстве, то есть его географические и топографические координаты.

В биотопе учитывают его ёмкость (богатство) условий. От ёмкости биотопа зависит возможность поселения в нём определённого количества разнообразных видов. Именно экологическая ёмкость биотопа (ёмкость местообитания) определяет видовую и экземплярную насыщенность (численность), плотность живого населения, степень сложности структуры биогеоценоза, направление и типы взаимосвязей между организмами, темп и скорость круговорота веществ и потока энергии.

По этому поводу ещё в 1937 году немецкий лимнолог (озеровед) А. Тинеман сформулировал ряд важных биогеоценотических принципов (правил). Среди них: *правило разнообразия* — от разнообразия условий местообита-

ния зависит число видов в биоценозе; чем разнообразнее условия жизни, тем больше видов в нём поселяется; *правило отклонения* — отклонение условий существования в местообитании от нормы обуславливает видовое разнообразие биоценоза: чем больше отклонения условий существования от оптимума, то есть нормы, тем беднее видами становится заселяющий его биоценоз и тем относительно больше особей имеет каждый присутствующий вид. Эти принципы легли в основу методик расчёта видового разнообразия в биогеоценозах и определения экологической ёмкости биотопов.

Рассмотрим некоторые материалы, характеризующие биогеоценоз по его отдельным признакам.

1. Сравните направления исследований надвидовых биосистем по концепции экосистемы и концепции биогеоценоза.
2. Укажите признаки, характеризующие биогеоценоз.
3. Назовите и охарактеризуйте три основные группы организмов, образующие экосистему.
4. На примере конкретной экосистемы поясните, какие организмы (продуценты, консументы, редуценты) для неё более значимы.

§ 33

Другие характеристики биогеоценоза

Вспомните:

- какие исследования ведут биогеоценологи;
- каковы признаки, характеризующие биогеоценоз;
- в чём сходство концепций экосистемы и биогеоценоза в исследованиях надорганизменных биосистем.

Видовой состав населения в биогеоценозе. Видовой состав — очень важный признак биогеоценоза. Он определяет его специфику и внешний вид. Особенно важен набор растительных видов и их жизненных форм, образующих в биогеоценозе *растительное сообщество*, или *фитоценоз*. Также важным свойством биогеоценоза является состав входящих в него видов животных (*зооценоз*) и бактерий (*микробоценоз*).

Количество видов в биогеоценозе может быть различно. По числу видов биоценозы можно подразделить на бедные и богатые или простые и сложные. Бедные биогеоценозы, состоящие из одного или двух-трёх видов, в природе встречаются редко.

Количество видов, зарегистрированных на определённой площади (1 м² или 100 м²) определяет *видовую насыщенность* биогеоценоза, а полный список видов в пределах биогеоценоза — это его *видовое богатство*.

Очень большим видовым богатством обладают биогеоценозы влажных тропических лесов.

Например, в лесах Шри-Ланки только древесных видов растений насчитывается около 1500, а в лесах бассейна реки Амазонки — даже более 2500. Там же встречаются биогеоценозы с очень высокой видовой насыщенностью. В тропических лесах Западной Африки на площади в 100 м² может разместиться свыше 100 видов высших растений, среди них деревья, кустарники и наземные травы, не считая огромного количества эпифитов, растущих на стволах, ветвях, листьях растений. В то же время в природе имеются леса с очень низкой видовой насыщенностью растений. Так, на территории России в тёмных еловых и буковых лесах на 100 м² находят не более десяти видов растений.

Безусловно, учёт лишь растительных видов создаёт небольшое представление о видовом богатстве биогеоценозов. Но это очень важная часть биогеоценоза, выполняющая функцию продуцента, то есть осуществляющая синтез органического вещества, от которого зависит величина и разнообразие создаваемой пищевой продукции и богатство видов консументов и редуцентов.

Многообразие видов в биогеоценозе. Большинство биогеоценозов умеренных зон характеризуется огромным видовым богатством животных, грибов и бактерий, обитающих в надпочвенном и подпочвенном пространстве их биотопов. В наземной части биогеоценозов обитает много разнообразных насекомых, пауков, клещей, моллюсков, червей и пр. Многие мелкие млекопитающие, особенно норные (полёвки, мыши, суслики, сурки, ласки, горностаи и др.), а также ящерицы, змеи и некоторые птицы (глухари, тетерева, куропатки) достаточно устойчиво придерживаются определённых биотопов, где кормятся, строят норы и гнёзда, выводят своё потомство, хранят запасы кормов и спасаются от хищников. Однако крупные наземные растительноядные животные, хищники и птицы не имеют строгой приуроченности к конкретному биогеоценозу. В поисках пищи и воды они перемещаются из одного биогеоценоза в другой, совершая при этом миграции на десятки и даже сотни километров.

Особенно богат видами почвенный слой биогеоценозов. Здесь обитают личинки ряда насекомых (майского хруща, бронзовки, щелкуна и др.) и многие другие беспозвоночные животные, простейшие (амёбы, инфузории, жгутиковые), а также разнообразные грибы и бактерии. Большинство из них питается мёртвой органической массой. Таким путём редуценты принимают активное участие в круговороте веществ.

Биологическое разнообразие видов любого биогеоценоза не так-то легко установить. Чтобы составить полный перечень его видов, требуется длительное стационарное исследование, проводимое целым коллективом специалистов — геоботаников, флористов, зоологов, микологов, альгологов, лишенологов, микробиологов и др. Такая работа пока ещё нигде не была выполнена.

В список видов биогеоценоза обычно вносят все организмы, независимо от того, в каком состоянии они находятся — во взрослом, личиночном или в фор-

ме семян. Чем полнее изучен состав населения, тем больше данных у исследователя о специфике биогеоценоза, взаимосвязях между организмами, между популяциями и условиями их обитания на данном участке земной поверхности.



Следует отметить, что в состав живого населения входят не виды, а их отдельные популяции.

Это объясняется тем, что вид может входить в различные биогеоценозы, а иногда, при ёмком биотопе, он может быть представлен несколькими функционально разными популяциями. Например, в одном и том же биогеоценозе широколиственного леса встречаются разные популяции *ожики волосистой*, различающиеся между собой ритмом активности, в частности сроками рассыпания пыльцы в цветках. Особи одной популяции рассыпают пыльцу ранним утром, а особи другой — около полудня.

Количественное участие видов в биогеоценозе также является его важным признаком, который помогает установить значение вида в сообществе и степень его влияния на другие виды. При этом важны сведения о численности популяций и плотности размещения их особей.

Известно, что каждый вид, входящий в биогеоценоз, представлен в нём не единично, а большим числом особей. В результате создаётся высокая плотность разнородного населения. Местами на 1 м² площади можно насчитать сотни и даже тысячи экземпляров одних только растений.

Например, в Стрелецкой степи под Курском на 1 м² было найдено 1939 экземпляров высших растений, принадлежащих к 77 видам. В 1 г бедной почвы (подзол) содержится от 0,3 до 0,6 млрд экземпляров бактерий и простейших, а в 1 г богатого чернозёма — 2–3 млрд. Верхние слои гумусовых горизонтов в лесу и лесная подстилка буквально пронизаны гифами грибницы и разнообразными микроорганизмами (бактериями, водорослями, простейшими, червями и членистоногими). Очень много микроорганизмов и в надземной части сообщества.

Вид, представленный в биогеоценозе очень большим количеством особей, называют *доминантом*. Виды, не являющиеся доминантами, называются *соучастниками* или *ассектаторами* (от лат. *assectator* — «постоянный спутник»). Доминирующий вид часто выступает важным средообразующим элементом в биогеоценозе, особенно если он является сильным эдификатором (например, ель в еловом лесу). Естественно, чем больше особей одной популяции вида обитает в биогеоценозе, тем сильнее проявляется его влияние.

Исследования показали, что если биотоп характеризуется большой ёмкостью условий, то в биогеоценозе находится очень много видов, но с малым количеством особей. И наоборот, в биогеоценозах с малой ёмкостью биотопа мало видов, но каждый из них представлен большим количеством особей (экологическое правило «соотношения численности вида и численности особей»). Например, в тропическом лесу трудно найти участок, где рядом произ-

растают 2–3 растения одного древесного вида, тогда как в сосновом бору или ельнике множество особей одной популяции размещается рядом друг с другом, часто без примеси других древесных видов.

Если популяция вида представлена большим количеством половозрелых особей с детёнышами, можно ожидать, что она ещё длительное время будет занимать видное место в биогеоценозе, но если она представлена преимущественно старческими особями, то время жизни данной популяции в этом сообществе ограничено.

По количественному соотношению между возрастными группами виды делят на три типа: *нормальные*, в которых в достаточной мере представлены все возрастные группы; *внедряющиеся (инвазионные)*, в которых преобладают молодые особи; *регрессивные*, в которых вид представлен главным образом старческими или половозрелыми экземплярами, но не дающими в данных условиях полноценного потомства. Такая типизация видов характеризует их положение и жизнеспособность в биогеоценозе, а количественные соотношения между видами с различными типами присутствия позволяют установить фазы развития биогеоценоза и перспективы его дальнейшего существования.

Внедряющиеся виды могут очень долго существовать, не изменяя общего облика биогеоценоза, но в природе часто внедрение в биогеоценоз новых видов, нашедших здесь благоприятные условия, может привести к его существенному качественному изменению.

1. От чего зависит сложность биогеоценоза?
2. По каким признакам различаются разные биогеоценозы?
3. Почему нельзя искусственным путём возобновить тропический лес, в то время как возобновление сосновых и еловых лесов возможно?
4. По каким признакам можно предсказать будущее биогеоценоза?

§ 34

Трофическая структура биогеоценоза (экосистемы)

Вспомните:

- главный признак, общий для биогеоценоза и экосистемы;
- движущие силы биологического круговорота веществ;
- функционально разные группы организмов, входящих в биоценоз.

Биогеоценоз — это эволюционно сложившийся комплекс популяций различных видов, обладающий определёнными типами взаимодействий как между организмами, так и с окружающей абиотической средой. Наиболее значимыми в биогеоценозе являются пищевые, или трофические (от греч. *trophē* — «питание»), связи.

Пищевые связи в биогеоценозе. Пищевые взаимоотношения, существующие между организмами, создают сложный комплекс, объединяющий всё население биогеоценоза в единое целое. Благодаря пищевым взаимоотношениям в биогеоценозе осуществляются трансформация биогенных веществ и энергии и их распределение между популяциями разных видов. Пути, по которым в сообществе реализуется этот постоянный поток веществ и энергии, называют *цепями питания* или *пищевыми (трофическими) цепями*. Они объединяют в биогеоценозе прямо или косвенно все организмы в единый комплекс (рис. 56.).



Пищевой (трофической) цепью называют перенос вещества и энергии, заключённых в пище, через ряд организмов в процессе их поедания друг другом.

Термин «цепь питания» был предложен английским учёным — зоологом и экологом Ч. Элтоном в 1934 году. Каждая цепь состоит из нескольких звеньев. Первым звеном цепи обычно является зелёное растение, затем следует звено растительноядных организмов (различные позвоночные, беспозвоночные животные, растения-паразиты, грибы), за ним — звено хищников и паразитов. Они, в свою очередь, также могут иметь своих паразитов и хищников.

Цепь питания — ряд последовательных этапов, по которым происходит трансформация вещества и энергии в экосистеме (биогеоценозе). Все организмы связаны между собой энергетическими отношениями, будучи объектами питания друг друга. Растения (продуценты) являются объектами питания травоядных животных (консументов первого порядка) те, в свою очередь, — объектами питания плотоядных животных, хищников (консументов второго порядка), вторичные хищники (консументы третьего порядка) поедают бо-

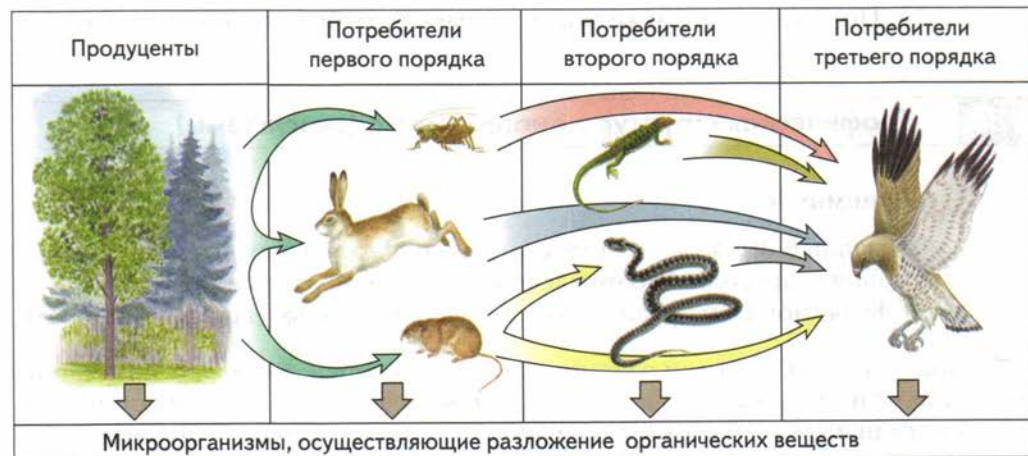


Рис. 56. Пищевые взаимосвязи организмов в биогеоценозе

лее мелких хищников (плотоядных животных). При передаче энергии от звена к звену большая часть энергии (80–90 %) теряется в виде тепла, поэтому цепи питания обычно невелики и состоят из четырёх-пяти звеньев.

Цепи питания могут развиваться по-разному. Различают два типа цепей питания. Один — на основе захвата пищи от живых организмов (путём хищничества и паразитирования), другой — на основе переработки органических соединений отходов и мёртвых тел. Первый тип цепей питания называют *цепью выедания* (или *пастбищной* цепью), а второй — *цепью разложения* (или *детритной* цепью). Детритные цепи обычно имеют два, редко три звена, а пастбищные — четыре — шесть звеньев (рис. 57).

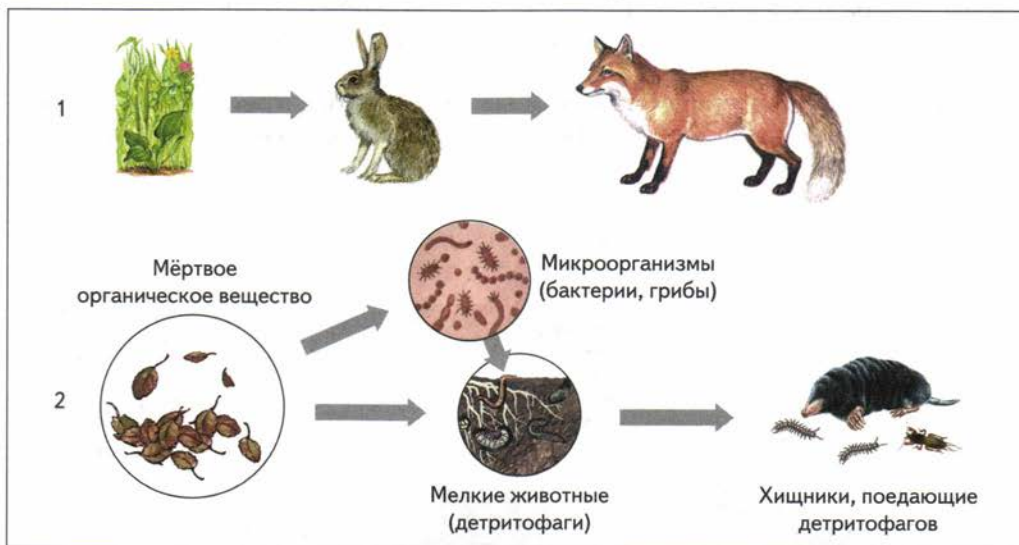


Рис. 57. Пищевые цепи: 1 — пастбищная; 2 — детритная

Примеры цепей выедания:

Крапива → гусеницы бабочки-крапивницы → большая синица → ястреб-перепелятник → пухоед

Листья берёзы → майский хрущ → сорокопут-жулан → ястреб-перепелятник → пухоед

Пример цепей разложения:

Корневые выделения зелёных растений → бактерии, питающиеся ими

Трофические сети. *Трофическая сеть* — это пищевые взаимоотношения между популяциями в биогеоценозе. В любом сообществе взаимоотношения между организмами не ограничиваются прямолинейной трофической цепью «продуценты — консументы первого порядка — консументы второго порядка — консументы третьего порядка» и так далее, поскольку обычно в состав пищи каждого вида входит не один, а много видов организмов. Именно поэтому в характеристике биогеоценоза (экосистемы) рассматриваются трофические сети (сети питания).

Обычно в биогеоценозах из цепей питания создаются *циклы питания*. Они представляют собой тесное переплетение разных цепей питания, возникающее на базе какого-то одного вида, обычно сильного средообразователя (эдификатора) (рис. 58). Таких циклов питания в каждом биогеоценозе существует множество.

Все циклы выступают как особые структурные трофико-энергетические единицы биогеоценоза. Взаимодействуя между собой и переплетаясь,

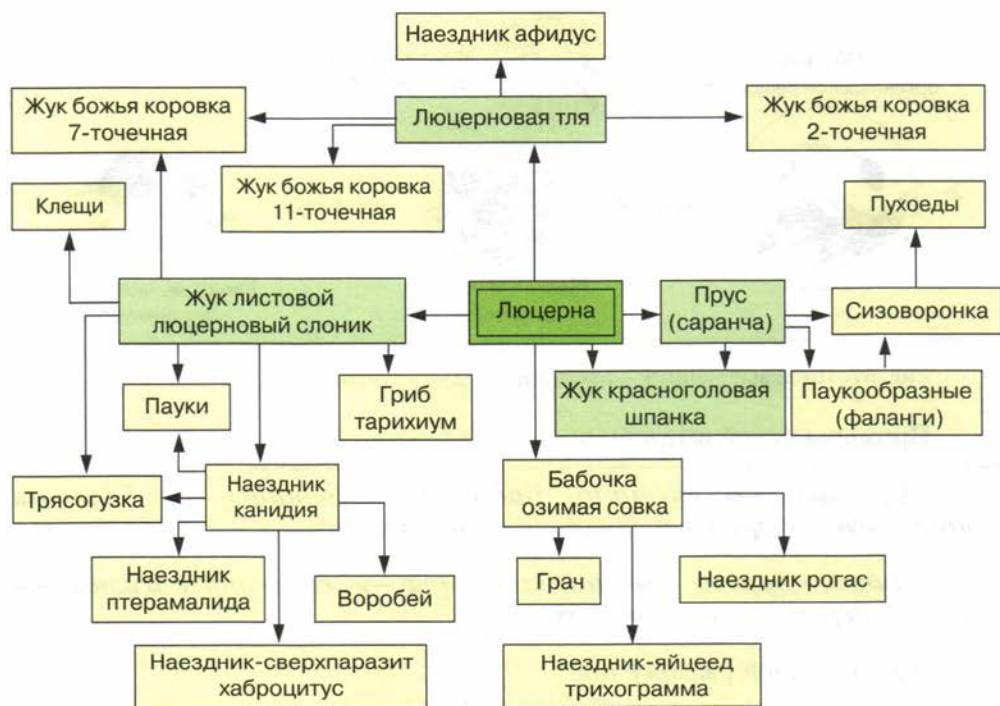


Рис. 58. Пищевые цепи, связанные с люцерной (Средняя Азия). Схема составлена упрощённо — показаны лишь некоторые связи на примере четырёх цепей

они образуют *сеть питания*, или *пищевую сеть*. В результате многие популяции, поселившиеся в биогеоценозе, оказываются вовлечёнными в одну общую сеть питания. Поэтому любые изменения в одной цепи питания могут повлиять не только на один цикл питания, но и на весь биогеоценоз (рис. 59).

Эти изменения бывают малозаметными в биогеоценозе с большим видовым разнообразием. И, наоборот, если в биогеоценозе мало видов, то компенсация выпадающего звена бывает затруднена. В освободившуюся нишу может внедриться новый представитель, который нарушит равновесное (гомеостатическое) состояние сложившейся здесь раньше экосистемы.

Пищевые связи, объединяющие между собой всё население биогеоценоза, складывались исторически. При этом популяции взаимодействующих видов выработали в процессе эволюции сложные приспособительные свойства — *адаптации* (лат. *adaptation* — «приспособление», «прилаживание»), обеспечивающие им устойчивое существование. Примерами могут служить приспособленность цветковых растений к опылению и соответствующая



Рис. 59. Пример пищевой сети в лесном биогеоценозе

приспособленность к переносу пыльцы у животных-опылителей, плетение ловчих сетей (паутины) пауками и др.

Трофические уровни. По положению видов в пищевой цепи различают трофические уровни биогеоценозов (экосистем).

Трофическим уровнем называют совокупность видов, объединённых одинаковым положением в пищевой цепи.

Трофический уровень — совокупность всех живых организмов, принадлежащих к одному звену пищевой цепи. В трофический уровень включаются все организмы, объединяемые *типом питания*. Так, автотрофные организмы как продуценты являются поставщиками органических веществ для гетеротрофных организмов, поэтому они представляют первый трофический уровень. Растительоядные консументы (фитотрофы или фитофаги) относятся ко второму трофическому уровню (консументы первого порядка); плотоядные (хищники), живущие за счёт фитотрофов, принадлежат к третьему трофическому уровню (это консументы второго порядка); потребляющие других плотоядных соответственно относятся к четвёртому трофическому уровню (консументы третьего порядка) и т. д. Понятно, что пищевая специализация видов определяет их место и роль в пищевой цепи и на трофическом уровне биогеоценоза.

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 зелёных водорослей). Также большое число видов входит во второй и следующие трофические уровни. От многообразия видов трофических уровней зависит устойчивость и длительность существования биогеоценоза.

1. На чём основаны пищевые связи между организмами в биогеоценозе?
2. Укажите различие между пастбищными и детритными цепями.
3. Почему зелёные растения считаются первым трофическим уровнем в экосистеме?
4. В чём отличие консументов первого порядка от консументов второго или третьего порядка?
5. Установите, в какой последовательности надо расположить звенья пищевой цепи: паук, пчела, синица, яблоня, ястреб.

Вспомните:

- функциональное разнообразие живого в экосистеме;
- типы цепей питания в сообществе;
- понятие о трофических уровнях в биогеоценозе.

Понятие биомассы. Все виды продуцентов, улавливая солнечную энергию, путём фотосинтеза создают *первичную продукцию* в виде органического вещества, которая называется *биомассой*.

Биомасса — это суммарная масса живых организмов (особей вида) определённой группы или сообщества в целом. Обычно она выражается в единицах массы сухого или сырого вещества, отнесённых к единицам площади или объёма любого местообитания. В биомассе запасается часть энергии Солнца, поглощаемая фотосинтезирующими организмами. Различают *фитомассу* (биомасса растений) и *зоомассу* (биомасса животных).

Для того чтобы выявить связь между потоком энергии в экосистеме и средней биомассой, последнюю выражают в единицах энергии (джоулях), относительной к определённой площади, например Дж/м².

Энергия, запасаемая продуцентами в органических соединениях (в фитомассе), ассимилируется консументами и редуцентами, а затем попадает в почву и рассеивается при разложении её составных частей. Среди гетеротрофных организмов суши наиболее велика биомасса почвенных микроорганизмов. Велика также биомасса почвенных простейших и беспозвоночных, например дождевых червей. Суммарная биомасса (зоомасса) позвоночных животных (млекопитающих и птиц) существенно меньше. Для морских экосистем и крупных внутренних водоёмов характерна очень малая биомасса растений.



Биомассу органического вещества, синтезированную автотрофами, называют *первичной продукцией*, а скорость её формирования — *биологической продуктивностью* экосистемы.

Именно *первичная продукция* служит источником питания для организмов всех следующих трофических уровней. Общая первичная продукция биосферы оценивается приблизительно в 166–109 т/год.

Первичная продукция служит источником питательных веществ и энергии для всех организмов разных видов (видов-консументов и видов-редуцентов), биомассу которых называют *вторичной продукцией*.

Вторичная продукция — это продукция гетеротрофных организмов экосистемы. За счёт усвоенного продукта происходит прирост биомассы. Вторичная продукция включает вещество и энергию прироста (привеса) гетеро-

трофов и их потомства за определённый период с учётом гибели особей. Вторичная продукция обычно противопоставляется первичной.

Общую сумму созданной биомассы в биогеоценозе рассматривают как *валовую продукцию*, а ту её часть, которая определяется приростом, накоплением, — как *чистую продукцию*. Разница между валовой и чистой продукцией отражает затраты энергии на процессы жизнедеятельности.

В любой цепи питания не вся пища используется на рост и развитие особей, то есть на накопление биомассы (чистой продукции). Часть её расходует-ся на процессы жизнедеятельности, связанные с энергетическими затратами: на дыхание, движение, размножение, обмен веществ, поддержание температуры тела и пр. Кроме того, никогда не бывает полной перевариваемости и 100 %-го усвоения съеденной пищи. Например, с экскрементами шелкович-ный червь удаляет 37–38 % съеденной пищи, а гусеница американской белой бабочки — 70,9 %. У отдельных видов количество неусвоенного корма может достигать 55 %. Много из биомассы бывает просто испорчено консументами (сорвано, вытоптано, но не съедено) (рис. 60).

Эти и подобные им «потери» биомассы приводят к тому, что каждое по-следующее звено (трофический уровень) встречается со всё меньшим её запас-ом, и это ограничивает число звеньев в цепях питания. Именно поэтому пи-щевые цепи не могут быть длинными. Консументы четвёртого и пятого по-



Рис. 60. Количество усвоенного корма различными фитофагами: затемнённая часть кру-га — количество усвоенного корма (в %) (коэффициент реализации); цифрами указа-но количество неусвоенного корма (в %), выделенного с экскрементами

рядка имеют уже такую низкую энергию в продукции, что она составляет не более 0,01–0,001 % от чистой продукции.

Правило 10 процентов. Передача биомассы с одного трофического уровня на другой, вышележащий, сопряжена с большими потерями вещества и энергии. Эта закономерность получила название *правило 10 процентов* (или *закон Линдемана*). Правило 10 процентов ограничивает длину цепей питания и определяет уменьшение продукции, биомассы и энергии по мере продвижения по трофическим уровням.

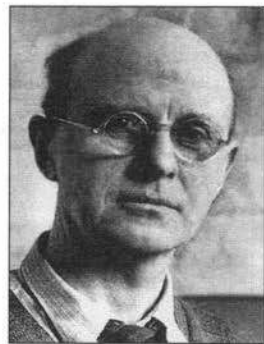
Согласно этому правилу с одного уровня в трофической цепи экосистемы может быть передано следующему, более высокому, звену *в среднем не более 10 % количества энергии*, притом этот процесс носит не плавный, а ступенчатый, точнее — каскадный характер. Однако, как показывают исследования, от одного трофического уровня населению следующего передаётся доступной энергии значительно меньше 10 %, и чем длиннее пищевые сети, тем больше теряется энергии.

Знание законов биологической продуктивности и потерь энергии в цепях питания имеет большое практическое значение. На этой основе можно грамотно организовывать хозяйственную деятельность (чтобы получать значительно большее количество первичной и вторичной продукции, необходимой для человека) и сохранять выживание биологического разнообразия в природе.

Экологические пирамиды. В любой цепи питания биомасса одного звена не может быть передана полностью последующим звеньям. Однако чем больше масса начального звена, тем она больше и в последующих звеньях. Это касается не только биомассы, но и численности особей и потока энергии в биогеоценозе. Данное явление было изучено английским учёным-экологом Ч. Элтоном и названо им *пирамидой чисел*.

Выявленная закономерность уменьшения биомассы и энергии при переходе от первого трофического уровня к последующим уровням получила название *правила экологических пирамид*, а графическое изображение структуры биомассы и энергии сообщества именуют *экологической пирамидой* (рис. 61).

Экологическая пирамида — графическая модель пищевых взаимоотношений внутри экосистемы. Она состоит из соответствующих трофических уровней. Основание экологической пирамиды составляет первый трофический уровень — продуценты, затем идёт второй трофический уровень — консументы первого порядка и т. д. При переходе с одного уровня на другой происходит уменьшение числа особей, а размеры



Чарлз Сазерленд Элтон (1900–1968), английский зоолог и эколог, основоположник экологии популяций

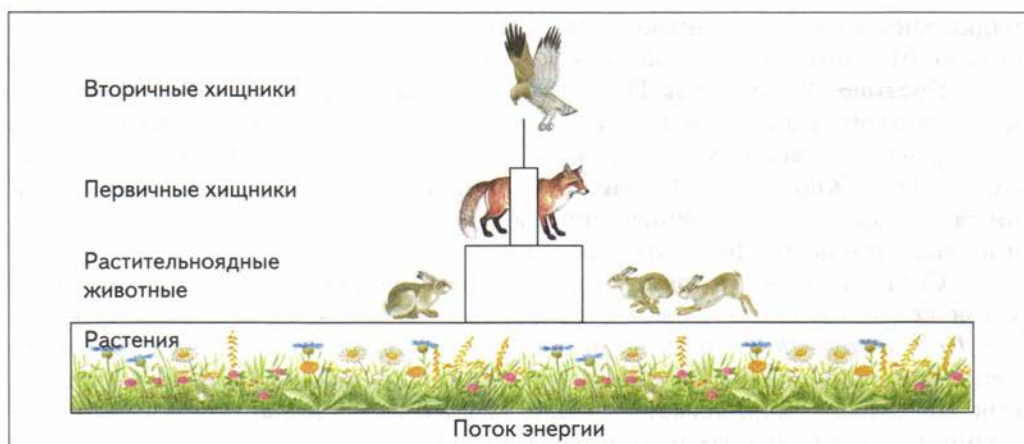


Рис. 61. Биомасса и потоки энергии разных трофических уровней экосистемы

их увеличиваются. В среднем с одного уровня на другой происходит передача лишь 10 % энергии. Поэтому экологическая пирамида имеет широкое основание и острую вершину (рис. 62).

В природе наблюдаются разные типы экологических пирамид: 1) пирамида чисел, отражающая количество организмов на каждом уровне; 2) пирамида биомассы, отражающая сухой вес общего количества живого вещества на каждом уровне; 3) пирамида энергии, отражающая поток энергии.

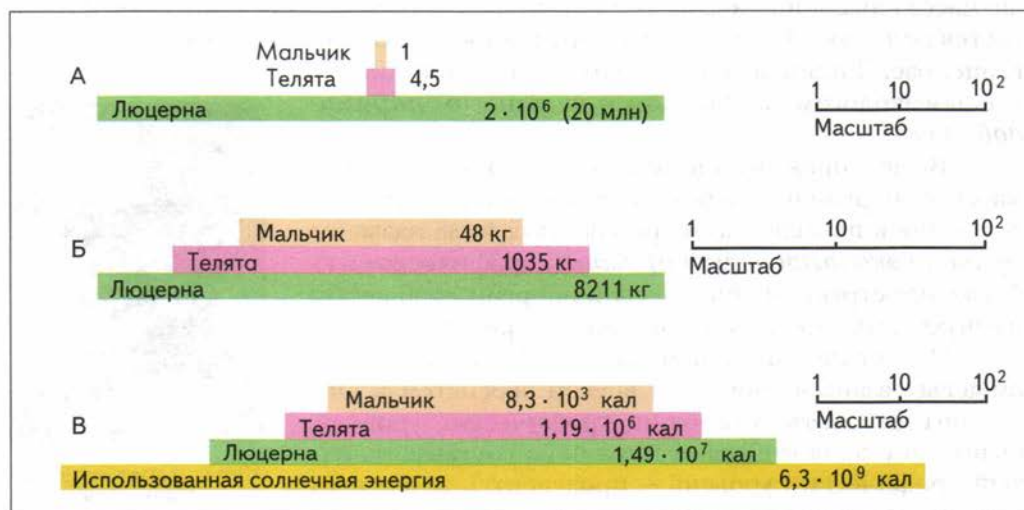


Рис. 62. Пирамиды чисел (А), биомасс (Б) и энергии (В), представляющие упрощённую экосистему: люцерна — телята — мальчик 12 лет

Пирамида энергии показывает величину энергетического потока, или продуктивность, на последовательных трофических уровнях.

В наземных экосистемах все пирамиды сужаются кверху. В морских экосистемах возможно и обратное соотношение, то есть узкое основание и широкая вершина. Это связано, например, с относительно небольшой биомассой планктона (продуценты) по сравнению с массой крупных млекопитающих (консументы). Однако это обратное соотношение компенсируется очень быстрым и постоянным возобновлением планктона.

Пирамиды чисел и биомассы могут иметь прямой и перевёрнутый вид. Но пирамиды потоков энергии никогда не бывают перевёрнутыми, поскольку каждый последующий трофический уровень характеризуется только той частью энергии, которая была усвоена предыдущим уровнем.

Графически пирамиду изображают в виде диаграммы, где ширина столбика отражает соответствующую величину показателя каждого уровня, а число столбцов — количество трофических уровней. Высота пирамиды обычно соответствует длине пищевой цепи.

1. Сформулируйте определения понятий «фитомасса» и «зоомасса».
2. Почему противопоставляются такие характеристики биогеоценозов, как первичная продукция и вторичная продукция?
3. Проверьте правильность утверждений.
 - Передача биомассы с одного трофического уровня на другой, ниже лежащий, сопряжена с большими потерями вещества и энергии.
 - Вторичная продукция служит источником питания для организмов следующих трофических уровней.
 - Пищевой цепью называют перенос энергии, заключённой в пище, через ряд организмов в процессе их поедания друг другом.

§ 36

Строение биогеоценоза (экосистемы)

Вспомните:

- роль пищевых связей в биогеоценозе;
- правило пирамиды чисел;
- особенности пирамиды энергетических потоков в экосистеме.

Пространственные связи в биогеоценозе. Строение биосистемы может быть простым или сложным. Присутствующие в биогеоценозе популяции, распределяясь в соответствии с потребностями организмов, их жизненными формами и условиями обитания, создают своеобразную архитектуру (строение) биогеоценоза. Различают вертикальное и горизонтальное строение, свидетельствующее

о сложной расчленённости биогеоценотического пространства. Обычно вертикальное строение выражено более чётко, горизонтальное — менее чётко.

По вертикали в биогеоценозе различают *ярусность*. Ярусность выражает расчленение надземной и подземной частей биогеоценоза в пространстве на разграниченные горизонты — ярусы.

Ярусы — это чётко выделяемые слои, в которые объединяют растения с одной жизненной формой. Например, в лесном биогеоценозе выделяют следующие ярусы: древесный, кустарниковый, травянисто-кустарничковый и мохово-лишайниковый. В луговых сообществах, образованных только травянистыми растениями, в ярусы объединяют растения сходной высоты.



Ярусность — это явление вертикального расслоения пространства биогеоценоза на разновысокие структурные части.

Ярусность особенно хорошо представлена растительными формами биогеоценоза. Благодаря ярусному расположению функционирующих органов (особенно органов питания), растения легко уживаются в сообществе. Ярусность является одной из важных характеристик биогеоценоза.

Различают надземную и подземную *ярусность в пространстве*.

Надземная ярусность биогеоценоза. Обычно ярусы определяются по малоподвижным организмам — растениям. Обладая особыми жизненными формами, деревья, кустарники, кустарнички и травы соответственно своим размерам и физиологическим свойствам занимают в пространстве определённое положение. Самые высокорослые деревья — это верхний, первый, ярус, ниже размещаются низкорослые деревья — второй ярус, кустарники — в третьем ярусе, кустарнички и травы — в четвёртом, а еще ниже — мхи, лишайники и подстилка из опавших листьев.

Растения создают архитектуру биогеоценоза, но животные тоже входят в тот или иной ярус в соответствии со своими потребностями и биологическими возможностями. Находясь в том или ином ярусе, животные взаимодействуют между собой и с растениями и обеспечивают быстрое перемещение веществ и энергии в биогеоценозе: поедают растительную массу, способствуют опылению цветков, распространяют семена, избавляют от вредителей и передают возбудителей заболеваний, строят гнёзда, находят укрытие (рис. 63).

Если ярусов мало, то сообщество называют простым, если много — сложным. Расчленение сообщества по высоте позволяет более полно использовать биотоп (условия среды) каждого конкретного биогеоценоза. Чем благоприятнее эти условия, тем больше видов в них размещается и тем сложнее оказывается строение биогеоценоза.

Наиболее сложны в умеренных зонах дубравы. Например, широколиственный лес — дубрава — в своём строении имеет пять, иногда шесть надземных ярусов и три-четыре подземных, тогда как хвойный лес — ельник — имеет не более трёх надземных ярусов. Луговые и степные биогеоценозы обычно развива-

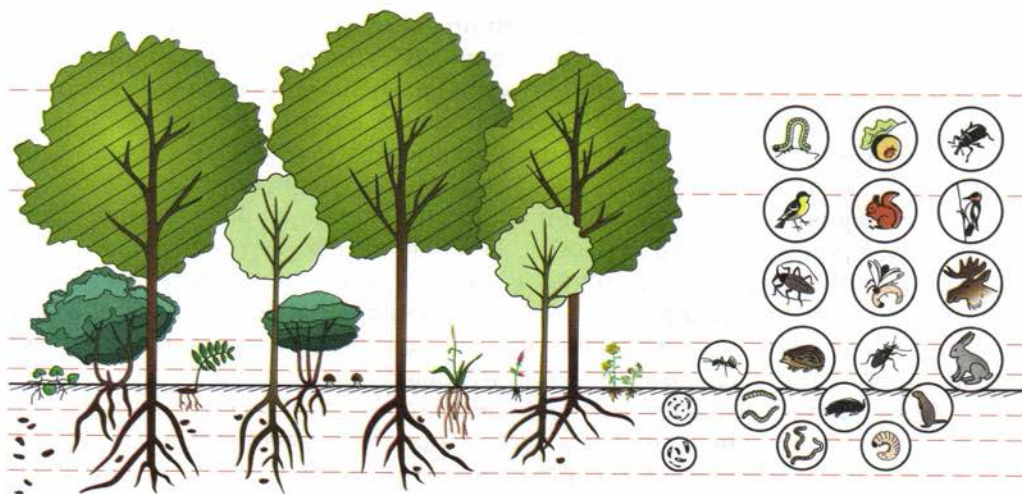


Рис. 63. Ярусы лесного биогееценоза (дубравы)

ют три надземных яруса из трав. Некоторые тропические леса имеют 7–9 ярусов, большую часть которых составляют древесные виды растений. Влажные тропические леса являются наиболее сложными и многоярусными (рис. 64).

Свойства организмов разных ярусов.

Каждый ярус имеет своеобразные условия обитания — особый световой режим, специфический ход температур и влажности. Поэтому войти в состав яруса могут лишь организмы, обладающие приспособленностью к данным условиям жизни. Например, верхний ярус лесного биогееценоза характеризуется обилием яркого света в течение круглого года, резкими колебаниями суточных и сезонных температур и влажности. Здесь важным фактором выступает ветер. Поэтому в верхнем ярусе находятся растения и животные, оптимум жизнедеятельности которых совпадает с данными условиями. Действительно, растения верхнего яруса обычно ветроопыляемы, потоками воздуха разносятся их се-

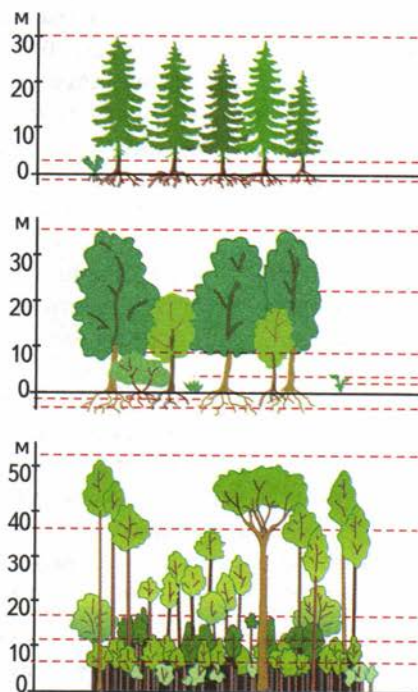


Рис. 64. Ярусное строение некоторых лесных биогееценозов

мена, их листья обладают явно выраженной световой структурой и некоторыми чертами сухолюбивости (ксерофильности). Для животных, обитающих здесь (это многочисленные гусеницы, жуки-листоеды, клопы, божьи коровки, пауки), характерны суточные миграции в пределах крон растений: в жаркое время дня они перемещаются во внутрь кроны, а по мере снижения жары и яркого солнечного освещения вновь мигрируют к периферии кроны.

Специфичны условия жизни и состав населения в средних ярусах биогеоценоза. Кроны растений первой величины (то есть растений первого яруса), затеняя нижележащие растения, создают в то же время защитный полог от чрезмерного иссушения, жарких лучей солнца, сильного действия ветра, сглаживая тем самым суточный и сезонный ход температур внутри леса. Поэтому организмы, входящие во второй (древесный) и третий (кустарниковый) ярусы, развиваются в условиях более мягкого и ровного климата. Растения здесь обычно теневыносливы, почти все насекомопопьяемы. Широко представлена *эндозоохория* (от греч. *endon* – «внутри») – распространение семян и плодов, связанное с поеданием их животными. Обычно плоды у таких растений богаты питательными веществами – ягоды, яблочки, костянки, орехи. Среди животных распространены насекомые, питающиеся нектаром, пыльцой, листьями и соком растений (разнообразные листоеды, сокососы, пчёлы, осы, шмели, мухи, бабочки), древесиной и корой деревьев, а также пауки, раскидывающие паутину в вертикальной плоскости на пути пролёта насекомых или по горизонтали. Встречается большое разнообразие видов плодоядных, насекомоядных и хищных птиц. В состав населения средних ярусов биогеоценоза входят и крупные животные, питающиеся веточным кормом (лось, косуля, зубр), и хищники (волк, рысь, лисица, куница) (рис. 65).

Иными чертами обладают организмы, входящие в нижний ярус. Растения, расположенные здесь, являются преимущественно травянистыми, имеют теневую структуру листьев, почти все они влаголюбивы, опыляются с помощью насекомых или самоопыляемы. Распространение семян осуществляется путём саморазбрасывания или с помощью муравьёв и других животных.

Таким образом, каждый надземный ярус биогеоценоза характеризуется особыми условиями жизни и своим набором видов, способных существовать в условиях данного яруса.

Каждый ярус в биогеоценозе дополняет другой в процессе использования ресурсов биотопа. Это обеспечивает уменьшение конкуренции между популяциями видов разных ярусов и создаёт возможность вхождения большого количества видов в состав биогеоценоза.

Чем выше ёмкость биотопа, тем больше видов размещается и нормально существует в биогеоценозе.

Подземная ярусность. В почве также наблюдается вертикальное (ярусное) размещение подземных частей растений и многочисленного животного,

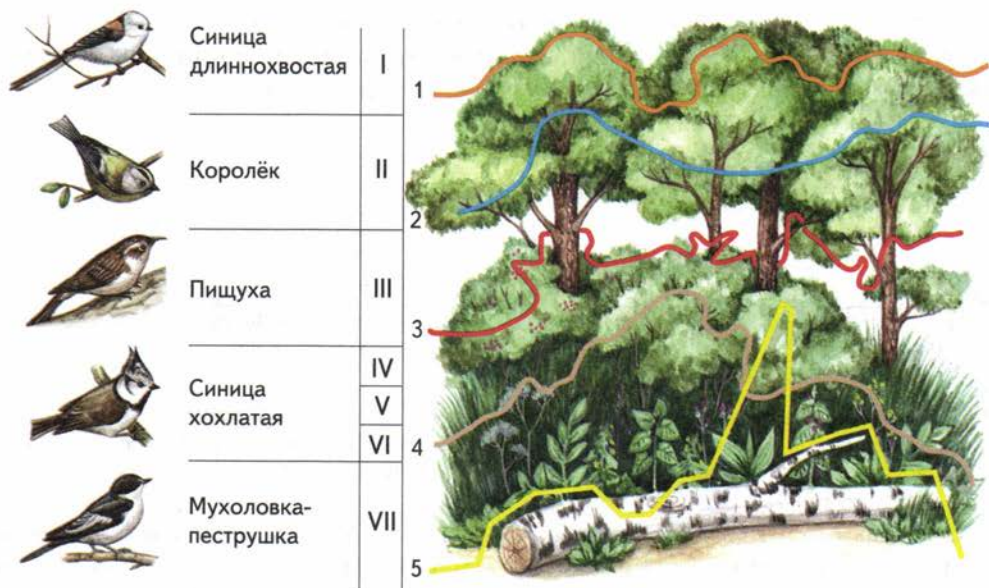


Рис. 65. Ярусное распределение птиц в лиственном лесу — маршруты поиска пищи: I–VII — ярусы; 1–5 — маршруты

грибного и микробиологического населения. Первым подземным ярусом считается самый глубокий (достигающий глубины 150–200 см), выше располагается средний ярус (глубиной до 30–50 см) и около поверхности — верхний. Организмы почвенных (подземных) ярусов разлагают растительные остатки, возвращают в среду продукты распада органических веществ и тем активно участвуют в круговороте веществ и превращении энергии.

Таким образом, ярусы в биогеоценозе различаются не только высотой и видовым составом организмов, но и ролью, которую они играют в жизни всего сообщества. Вертикальная структура биогеоценозов тесно связана с функциональной активностью ярусов: пастбищные цепи (цепи выедания) концентрируются в основном в надземной части, а детритные цепи (цепи разложения) размещаются в подземной части.

Ярусность во времени. Наряду с пространственной вертикальной структурой в размещении видов в биогеоценозе наблюдается *ярусность во времени* или *смена аспектов* (от лат. *aspectus* — «вид», «взгляд»). Она отображает неодновременную активность компонентов биогеоценоза на протяжении года, сезона и суток. Поэтому в нём можно наблюдать массовое участие то одного, то другого вида, в связи с чем меняется облик сообщества и взаимосвязи между его организмами. Это явление разновременного участия (активности) видов в жизни биогеоценоза фитоценолог В.В. Алёхин назвал *ярусностью*

во времени. У растений это явление очень хорошо представлено в виде *смены аспектов*, отображающих сезонную динамику развития организмов, у животных — в виде суточной и сезонной *активности* (рис. 66).

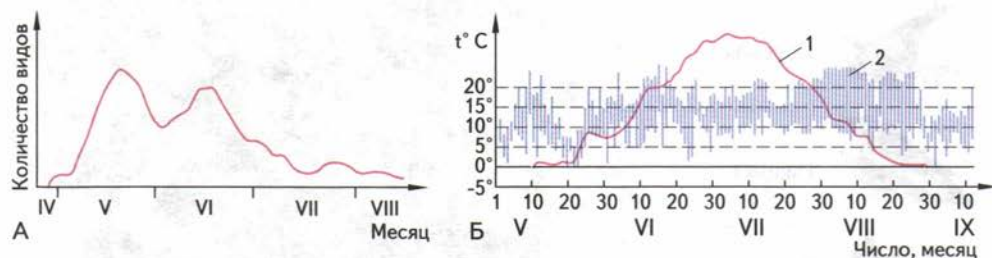


Рис. 66. Смена аспектов в биогеоценозах: А — двухвершинная кривая цветения кустарников и травянистой растительности липового леса; Б — кривая цветения луга: 1 — количество цветущих видов; 2 — ежесуточные колебания температуры воздуха.

Известно, что массовое цветение (аспект) какого-то вида растений обычно происходит в период оптимальных условий не только для него, но и для целого ряда видов животных, грибов. Это свидетельствует об оптимальности условий жизни в этот период для всего биогеоценоза. В умеренных зонах для биогеоценозов оптимальным является тёплый летний период (июнь — июль), в жарких сухих районах — влажное тёплое время года (весна или осень). Смена аспектов цветущих растений, то есть периодическое массовое участие то одних, то других видов в жизнедеятельности биогеоценоза, позволяет им лучше использовать разнообразие условий местообитания и биотические ресурсы биогеоценоза.



Ярусность во времени обеспечивает снижение конкурентных отношений между видами за жизненные ресурсы, запас которых в биотопе всегда ограничен.

Ярусность во времени, как и в пространстве, позволяет разместиться и функционировать на небольшой территории огромному количеству разнообразных видов не только с различными жизненными потребностями, но и тем, у кого эти потребности сходны. При этом в каждом ярусе складывается своя система взаимоотношений между компонентами.

1. Каково значение ярусного строения в биогеоценозе?
2. Почему в дубраве ярусов больше, чем в ельнике?
3. Какие биологические свойства характерны для популяций видов, обитающих в верхнем ярусе биогеоценоза?
4. Назовите биотические факторы, более других влияющие на приспособленность видов, обитающих во втором (или третьем) ярусе дубравы.

5. Какие биогеоценотические явления прослеживаются в строках, написанных Н.А. Холодовским — профессором зоологии и сравнительной анатомии Военно-медицинской академии?

Как хорошо, когда с цветами
Весна душистая придёт
И в чаще леса под кустами
Красавец майник расцветёт!..

§ 37

Экологические ниши в биогеоценозе

Вспомните:

- жизненные формы растений в разных ярусах леса;
- как размещаются животные в биогеоценозе;
- значение ярусного строения для биогеоценоза.

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

Термин «ниша» впервые применил американский учёный Р. Джонсон в 1910 году для обозначения самой малой единицы территориального распространения вида. В 1917 году Дж. Гриннелл, используя этот термин, трактовал его как местообитание вида и отчасти как его жизненную форму. В 1927 году Ч. Элтон, поясняя термин «ниша», отмечает в его характеристике функционально-биотическое свойство. По мнению Элтона, экологическая ниша — «это место в живом окружении, отношение вида к пище и к врагам». Такое трактование ниши как функционального участия вида в экосистеме очень быстро получило широкое распространение. Вслед за Дж. Гриннеллом термин «*экологическая ниша*» (иногда «*экониша*») вошло в научную литературу.

Позднее, в 1957 году, Дж. Хатчинсон охарактеризовал экологическую нишу как многомерное пространство, в пределах которого условия среды позволяют существовать особи или популяции (виду) неопределённо долгое время. При этом он различал большое потенциально заселённое пространство (*фундаментальную нишу*), когда вид не ограничен какой-либо конкуренцией, и меньшее пространство (*реализованную нишу*), занятое видом в конкретных условиях биотических ограничений. Концепция Дж. Хатчинсона, в которой он отобразил количественные характеристики, позволяет путём

изменения параметров окружающей среды расширить или сузить экологическую нишу и использовать её в моделировании природных явлений.

В трактовке понятия «экологическая ниша» более других распространён подход, сформулированный Ч. Элтоном, где отмечены тип питания вида и его место в трофических цепях. Развивая эти идеи, известный американский эколог Ю. Одум определяет понятие «экологическая ниша» как «профессию» вида в сообществе. В понятие ниши Одум вкладывает тройственный смысл: физическое пространство, занимаемое популяцией, её место в комплексе внешних факторов и её функциональную роль в экосистеме.

В настоящее время термином «экологическая ниша» обозначается «специализация», функциональное участие в биогеоценозе, которое осуществляет каждый вид в природе соответственно своим свойствам. Термин применяют при характеристике экологически близких видов одного трофического уровня.

Экологическая ниша позволяет виду ослабить конкурентное давление со стороны других видов. Таким путём обеспечивается устойчивое существование вида (популяции) в биогеоценозе при определённой ёмкости биотопа.

Значение экологических ниш в биогеоценозе. Понятие экологической ниши является очень полезным для понимания

законов совместного существования видов. Например, всякое зелёное растение, принимая то или иное участие в формировании биогеоценоза, обеспечивает существование целому ряду экологических ниш. Среди них могут быть ниши, включающие организмы, питающиеся тканями корней (*корнееды*) или тканями листьев (*листоеды* и *сокососы*), цветками (*цветкоеды*), плодами (*плодоеды*), выделениями корней (*эккриотрофы*) и др. Все вместе они составляют целостную систему разнообразного использования растительной массы организма. При этом все гетеротрофы, поедающие растительную биомассу, почти не конкурируют между собой (рис. 67).

Каждая из этих ниш включает в себя разнородные по видовому составу группы организмов. Например, в экологическую группу корнеедов входят и нематоды, и личинки некоторых жуков (майского хруща, щелкуна), а в нишу сосущих соки растения — клопы, тли (рис. 68).

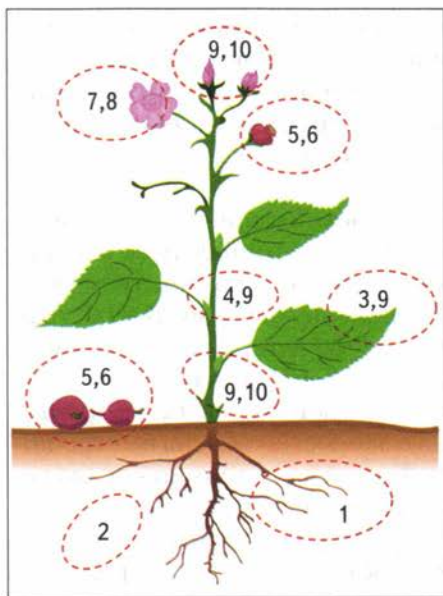


Рис. 67. Схема размещения экологических ниш, приуроченных к растению: 1 — корнееды; 2 — эккриотрофы; 3 — листоеды; 4 — стволоеды; 5 — плодоеды; 6 — семеяды; 7 — цветкоеды; 8 — пыльцееды; 9 — сокососы; 10 — почкоеды

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

Рис. 68. Экологические ниши животных, питающихся растительной биомассой

Группы видов в сообществе, обладающие сходными функциями и нишами одинакового свойства, некоторые авторы называют *гильдиями* (гильдия корнеедов, гильдия ночных хищников, гильдия падальщиков и пр.).

Примеры экологических ниш среди фитотрофов. В саваннах Серенгети различные виды травоядных поедают траву на разной высоте. Гну кормятся тем, что оставляют после себя зебры; самая низкая трава служит пищей газелям; высокие сухие стебли травы и кустарников, которыми пренебрегают остальные травоядные, поедают антилопы топи. Другие фитотрофы (слоны, жирафы) питаются веточным кормом деревьев (рис. 69).

Как видим, среди травоядных произошло разделение функций по использованию биомассы травянистого покрова. Отношения, сложившиеся между перечисленными группами животных, не носят конкурентного характера, так как все эти виды используют разные составные части растительного покрова, «доедают» то, что недоступно другим травоядным. Такое разнокачест-

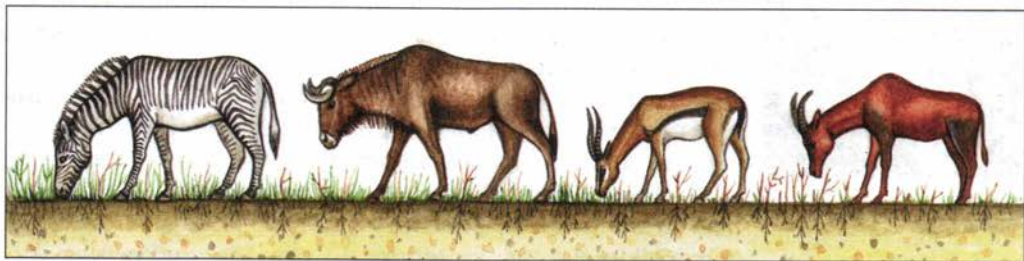


Рис. 69. Экологические ниши фитотрофов в биогеоценозах африканских саванн

венное участие в поедании травостоя, то есть размещение организмов по разным экологическим нишам в одной и той же экосистеме обеспечивает более сложную её структуру, более полное использование условий жизни на данной территории и максимальное потребление продукции в природных экосистемах.



Понятие «экологическая ниша» отображает функциональное участие популяций (видов) в системе биотических связей биогеоценоза.

Понятие «экологическая ниша» не таксономическое, а всецело биоэкологическое, отображающее функциональное участие популяций вида. Вместе с тем экологическая ниша — это свидетельство не только экологического многообразия видов, но и наличия ёмкости биотопа в биогеоценозе, то есть того или иного ресурса, который может быть использован кем-то.



Иван Григорьевич Се-
ребряков (1914–1969),
русский ботаник-
фитоморфолог и эколог

Понятие экологических ниш необходимо человеку для понимания законов совместной жизни видов в сообществе и для организации рационального природопользования.

Закономерности, обусловленные экологической нишей. В экологии на основе изучения экологических ниш выявлены некоторые закономерности отношений между видами биогеоценоза и средой. Например, если в природе режим хотя бы одного экологического фактора местообитания особей данной популяции изменён настолько, что его значения выходят за пределы ниши, то это означает разрушение экологической ниши, невозможность существования вида в данном сообществе.



Даниил Николаевич
Кашкаров (1878–1941),
русский зоолог и
эколог

Другая важная закономерность свидетельствует о том, что каждый вид имеет свою, только ему присущую, экологическую нишу, которую он приобрёл в процессе видообразования. Ещё одну закономерность экспериментально вывел отечественный учёный Г.Ф. Гаузе — это так называемый *принцип конкретного исключения*, согласно которому два вида со сходными экологическими требованиями не могут устойчиво сосуществовать в одной и той же нише. Сам закон был сформулирован итальянским учёным В. Вольтеррой на основе изучения математической модели динамики двух популяций, конкурирующих за один пищевой ресурс. После того как Г.Ф. Гаузе в экспериментах на простейших показал, как происходит вытеснение одного вида другим из экологической ниши, закономерность стали именовать *принципом Гаузе (законом Гаузе)*.

Однако в природе данное правило не всегда соблюдается. В связи с этим Дж. Хатчинсон сформулировал *принцип сосуществования* (его часто называют *парадоксом Хатчинсона*), по которому два вида в порядке исключения (при очень большой ёмкости биотопа) могут сосуществовать в одной экологической нише и даже способны эволюционировать в близком направлении. Например, африканский слон и жираф входят в одну экологическую нишу — фитотрофов, питающихся веточным кормом с деревьев. Однако если жираф действительно питается только листьями и ветками деревьев, преимущественно акации, то слон помимо этого поедает плоды и листья, древесину баобаба, а также траву. Поэтому они длительно сосуществуют в одних сообществах.

Жизненные формы организмов. Совместная жизнь многих видов в определённых условиях сообщества способствует созданию в процессе эволюции комплекса приспособлений не только в питании, но и в общем облике организмов, в их образе жизни, особенно у организмов, занимающих одинаковые экологические ниши. Приспособления, выражающие морфологическое сходство у неродственных видов, называют *жизненными формами*.

Жизненные формы организмов фактически представляют собой экологические ниши, а также служат причиной формирования морфологического сходства представителей различных неродственных видов. Например, жизненная форма животного-землероя имеет много черт морфологического сходства у видов, далёких друг от друга по родству (крот, слепыш, голый землерой и насекомое медведка).

Известный ботаник и эколог И.Г. Серебряков разработал систему жизненных форм растений, построенную на зависимости от комплекса абиотических и биотических факторов среды. Учёный не только охарактеризовал различные группы жизненных форм растений, но и показал их эволюционное происхождение и расселение по поверхности земного шара. Им выделено четыре группы жизненных форм: древесные растения, полудревесные, наземные травы и водные травы. В каждом из них представлены разные типы и виды жизненных форм (рис. 70).

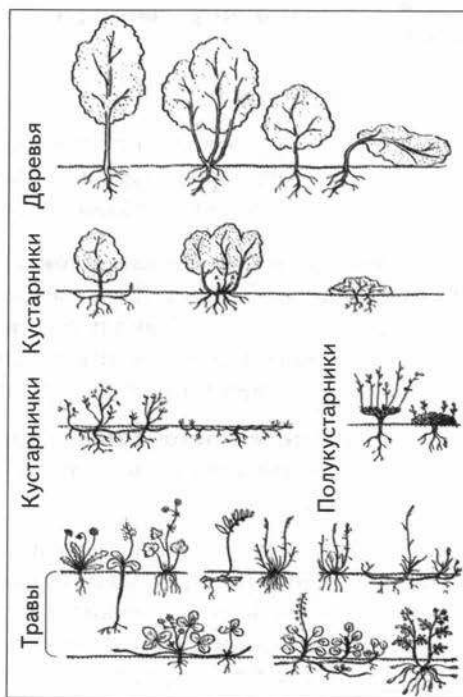


Рис. 70. Жизненные формы растений

Другой учёный — Д.Н. Кашкаров — создал классификацию жизненных форм животных на основе учёта мест обитания животных, способов их передвижения и добывания пищи (водные, полуводные, роющие, наземные и воздушные).

Специализация видов (популяций), 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 снижение конкурентных отношений и придаёт устойчивость биогеоценозу.

1. Какое значение для эволюции видов имеет их совместное существование в биогеоценозе?
2. Сохранится ли устойчивость биогеоценоза, если в его структуре выпадут виды какого-то трофического уровня?
3. Сформулируйте принцип конкурентного исключения.

§ 38

Совместная жизнь видов в биогеоценозах

Вспомните:

- роль экологических ниш в биогеоценозе;
- многообразие жизненных форм организмов;
- трофические связи в биогеоценозе.

Типы связей и зависимостей в биогеоценозе. Отношения между видами (популяциями) складывались на протяжении длительного исторического становления экосистем. В эволюционном процессе у совместно обитающих видов формировались встречные взаимно-приспособительные свойства. В их основе лежат трофические и территориальные связи.

В процессе эволюции у видов, входящих в биогеоценоз и взаимодействующих между собой, сформировались встречные адаптации.

Например, для перекрёстного опыления цветков растение стало вырабатывать ненужный для него самый нектар, но именно из-за нектара насекомые (пчёлы, бабочки, шмели) и некоторые животные посещают цветки. Такое взаимодействие живого мира ускорило эволюцию и цветковых растений, и насекомых. У тех и других возникло огромное разнообразие форм для привлечения опылителей (цветковые растения) и приспособлений — для добычи нектара и пыльцы (насекомые).

Всё это является примером *взаимной адаптации* растений и животных, сложившейся в результате длительных трофических связей в сообществах.

Подобных примеров множество и в отношениях между животными. Например, жабы, лягушки и другие амфибии приобрели способность вырабатывать кожными железами ядовитую или жгучую слизь для защиты от поедания их хищниками. В то же время и хищники хорошо распознают и обходят стороной этих ядовитых обитателей биогеоценоза.

Взаимные адаптации в биогеоценозе. Интересно, что у некоторых обитателей биогеоценоза возник такой способ защиты, как подражательность, или мимикрия (греч. *mimikos* — «подражательный»), в окраске и форме тела. С помощью мимикрии виды оказываются более защищёнными от нападений (рис. 71).

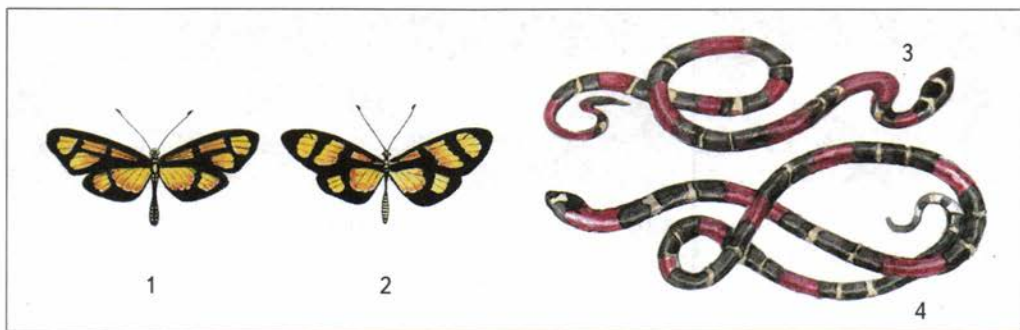


Рис. 71. Мимикрия у насекомых и змей: 1 — ядовитая бабочка геликонида; 2 — подражающая ей неядовитая бабочка пиерида; 3 — неядовитый американский уж; 4 — ядовитый коралловый аспид

Результатом биоценотических отношений является также формирование у животных в процессе эволюции покровительственной окраски и формы тела (рис. 72, 73).

В результате совместного обитания в биогеоценозе растений и грибов возникли микориза (грибокорень), лишайник (симбиоз гриба и водоросли).

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

Взаимное (встречное) приспособление, появившееся у разных видов в процессе совместного существования, называют *коадаптацией* (от лат. *co* — «с», «вместе» и *adaptatio* — «приспособление»). Она формируется в течение очень длительного времени. Эволюционные взаимодействия организмов разных видов, не обменивающихся генетической информацией между собой, но тесно связанных биологически, называют *коэволюцией* (от лат. *co* — «с», «вместе» и «эволюция»). Результатом коэволюции являются взаимные адаптации (коадаптации). Коэволюция лежит в основе появления биоценозов. Мно-



Рис. 72. Покровительственная окраска у животных, созданная естественным отбором в единстве с окружающей средой

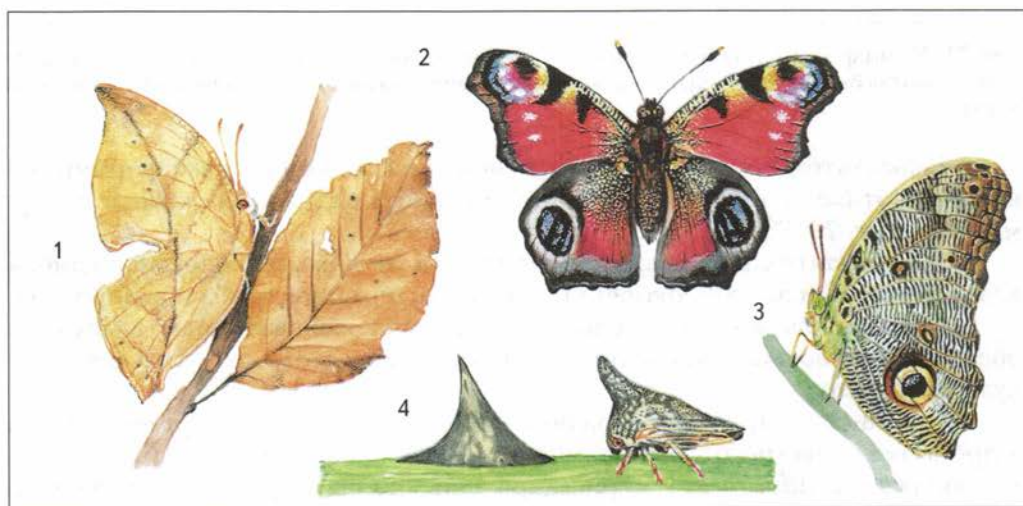


Рис. 73. Подражательное сходство незащищённых видов насекомых с предметами окружающей среды и растениями: бабочка каллима со сложенными крыльями напоминает лист (1); бабочка дневной павлиний глаз (2) и бабочка бражник глазчатый (3) имеют на крыльях рисунок, похожий на глаза животных; клоп-колючка внешне напоминает по размерам и форме колючку растения (4)

гие коадаптации сформировались в процессе коэволюции на основе территориальных и прямых трофических связей.

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

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

Коэволюционные взаимоотношения связывают любой вид организмов с видами, соседствующими в биогеоценозе, как с ближайшими партнёрами, например растения и питающихся ими растительноядных животных. Несмотря на кажущийся антагонизм, между ними складываются взаимоотношения, при которых контактирующие виды становятся взаимно необходимыми. Например, паразиты (или хищники), выбирая в жертву преимущественно ослабленных и неполноценных особей, становятся важным фактором регуляции численности их популяций. При этом они оздоравливают популяцию, давая возможность выживать наиболее сильным, полноценным организмам.

Таким образом, совместная эволюция (*коэволюция*) в результате естественного отбора приводит к выработке противоположно направленных коадаптаций у организмов трофически связанных популяций — жертв, предоставляющих пищу, и хищников, потребляющих эту пищу. При этом выработку коадаптаций задаёт жертва. Коэволюционным путём в биогеоценозах возникали и многие другие биоценотические связи между видами: размещение в пределах сообщества, вхождение в ту или иную экологическую нишу, формирование жизненной формы, выработка определённого образа жизни, проявление ритма активности в течение суток или сезона и др.

Системы «хищник — жертва» и «паразит — хозяин». Взаимоотношения хищника и жертвы, паразита и хозяина в процессе эволюции обеспечивали развитие противоположно направленных коадаптаций (проявляющихся в строении тела, поведении, ритме жизни взаимодействующих видов). Все эти события являются результатом различных (преимущественно трофических) связей в биогеоценозах.

Эти отношения проявляются также и в численности видов. Так, хищники, уничтожая свою жертву, влияют на численность этого вида. Случаются годы, когда популяция хищника полностью подавляет популяцию жертвы, а за-

тем сама начинает деградировать — снижает свою численность до минимального предела. Это показывает, с одной стороны, что в природе имеется множество факторов, оказывающих влияние на естественное регулирование количества особей популяции в биогеоценозе, а с другой — что численность хищника в полной мере зависит от численности жертвы и наоборот.

Исследования экологов показали, что при конкурентных взаимоотношениях — хищничестве и паразитизме — действуют генетические и экологические факторы. Дело в том, что преследование хищником своей жертвы часто носит неслучайный характер, что жертвами в первую очередь становятся те животные, которые представляют собой некий «биологический излишек». Это обычно наблюдается при чрезмерном увеличении численности жертвы (и большой плотности). В итоге наиболее энергичные особи занимают самые удобные места обитания и активно защищаются, а ослабленные, больные — не способны активно противостоять хищнику. Именно такие особи оказываются его жертвой. В связи с этим хищников часто называют «санитарами сообщества».

Хищничество и сходное с ним явление паразитизма всегда вызывали большой интерес у исследователей. Предпринималось много попыток найти закономерности этих явлений. Наибольшее признание получили работы, выполненные в 20-х годах XX века математиками — американцем А. Лоткой и итальянцем В. Вольгеррой. А. Лотка в 1923 году предложил первую математическую модель взаимодействия животных в системе «паразит — хозяин». Через год, независимо от Лотки, В. Вольгерра создал математическую модель взаимодействия животных в системе «хищник — жертва».

Результаты исследований оказались в основном очень сходными, свидетельствующими, что существенных различий в обеих системах нет. Они различаются лишь в количественном отношении: один хищник уничтожает много жертв, а паразитов у одного хозяина может быть много. Из исследования А. Лотки следует, что при большой численности хозяина паразиты быстрее находят его и быстрее увеличивают свою численность. Повышение численности популяции паразита достаточно быстро приводит к снижению численности популяции хозяина, а это, в свою очередь, снова ведёт к уменьшению численности паразита. Так в биогеоценозе непрерывно, как одна волна за другой, с небольшими отклонениями от какого-то оптимального уровня происходят периодические колебания численности популяций хозяина и паразита.

В связи с этим следует отметить, что негативное отношение к таким явлениям в природе, как «паразит», «паразитизм», приобретает значимый смысл: с помощью популяций паразитических видов поддерживаются численность многих видов в сообществе и устойчивое состояние экосистемы. Свойства паразитических видов люди используют в практике лесоводства и растениеводства как оружие биологической борьбы.

Постоянные периодические колебания численности популяций хищника и жертвы также происходят, подобно волнам. В этом проявляется динами-

ческая саморегулирующаяся система, в которой волна подъёма численности популяции хищника следует за волной подъёма численности популяции жертвы. Классическим примером этого явления служат изменения численности рыси и зайца-беляка, зафиксированные в Канаде (рис. 74).

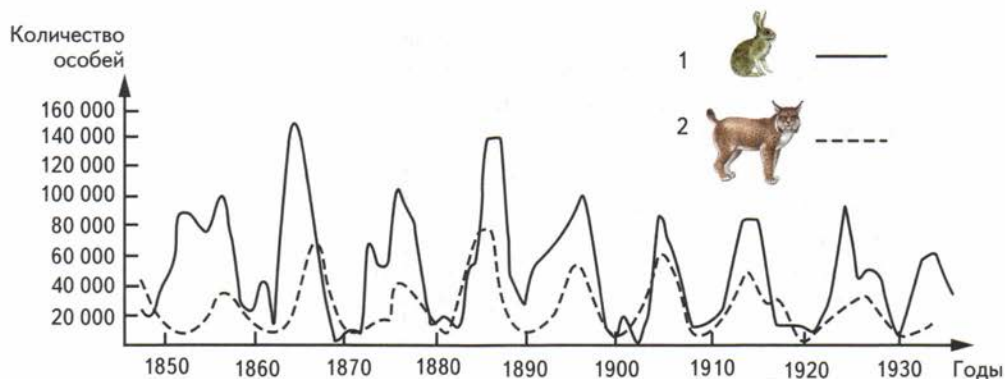


Рис. 74. Изменения численности зайца (1) и рыси (2)

Модель взаимодействия популяций в системе «хищник — жертва» полностью соответствует модели взаимодействия «паразит — хозяин».

На основе наблюдений В. Вольтерры сформулированы три экологических закона: 1) *закон периодического цикла* — колебания численности двух видов являются периодическими, регулярно повторяющимися; 2) *закон сохранения средних величин* — средняя численность популяций обоих взаимодействующих видов в экосистеме остаётся постоянной до тех пор, пока интенсивность хищничества постоянна; 3) *закон преимуществ жертвы* — если в экосистеме уничтожать особей обоих видов в одинаковой степени, то средняя численность популяции жертвы будет расти, а хищника — падать.

Следует заметить, что эти законы выведены в очень упрощённом виде на основе систем взаимодействия организмов, в природе никогда не встречающихся. Ведь на жертву могут нападать различные виды хищников, так и они нередко служат жертвой другим хищникам и подвергаются нападениям паразитов. К тому же хищник обычно питается не одним видом жертвы. Однако выявленные закономерности взаимодействия видов в этих системах позволяют понять, в каких взаимоотношениях и условиях живут организмы в биогеоценозах. Знание этих закономерностей и умение применять его при осуществлении рационального природопользования имеют не только теоретическое, но и практическое значение. На этом основаны меры биологической борьбы за сохранение устойчивости естественных и искусственных экосистем.

1. Поясните, в чём различие понятий «коадаптация» и «коэволюция».
2. Охарактеризуйте роль биогеоценоза в эволюции видов.
3. Назовите типы связей, отражённые дедам Ч. Дарвина — Эразмом Дарвином в поэме «Храм природы» (1802).

... Орёл, стремясь из-под небес стрелою,
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, грызёт под тёплой кожей
И, выросши, на свет выходит Божий.

Вспомните:

- причины появления коадаптаций;
- влияние коэволюции на свойства вида;
- роль биогеоценоза в эволюции организмов.

Многообразие биотических связей. Анализируя разнообразие типов связей между видами в биогеоценозе, надо отметить, что в итоге коэволюции одни виды при взаимодействии с другими получают пользу для своего существования, вторые — 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 большое разнообразие биотических связей в биогеоценозе можно представить схематически. Одни из них — взаимопользные «+ +», другие — полезнейтральные «+ 0», третьи — полезновредные «+ –», четвёртые — взаимовредные «– –» (рис. 75).

Зная тип связи между видами, можно предположить, что произойдёт с этими видами при нарушении исторически сложившихся взаимных отношений. При разрушении взаимопользных связей оба вида могут погибнуть или выпасть из данного биогеоценоза. Нарушение сложившихся взаимовредных связей на какое-то время улучшит их жизнедеятельность, а нарушение полезнейтральных отношений будет незаметным для одного вида, но приведёт к существенному ухудшению существования другого. Эти нарушения связей не оста-

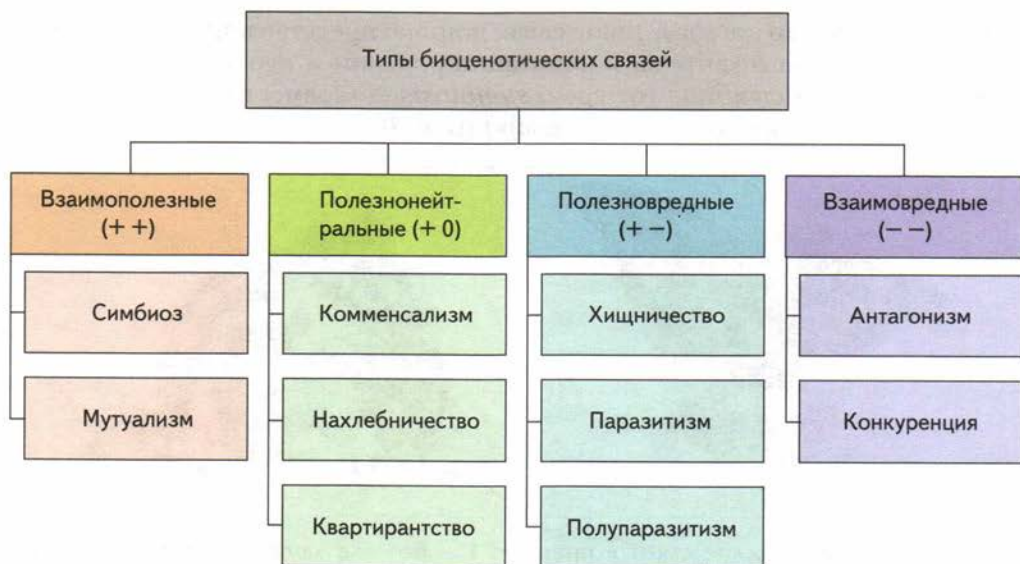


Рис. 75. Многообразие связей в биогеоценозе

ются в биогеоценозе незамеченными и могут привести к потере устойчивости сообщества. Скорректировать такую негативную ситуацию сможет лишь тот биогеоценоз, в котором обитает множество видов, способных заменить или сходным образом дополнить нарушившиеся биоценотические взаимосвязи.

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

Рассмотрим некоторые примеры биоценотических связей, распространённых в природных биогеоценозах.

Взаимопользные 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 путём, то есть путём сопряжённого взаимодействия между видами, совместно обитающими в общем биотопе.

Такие типы биотических связей в природе представлены большим разнообразием форм межвидовых отношений. Все они прямо и опосредованно влияют на численность популяций, состояние их особей и общее благополучие видов (то есть на возможность добывать пищу, активно размножаться и при возможности захватывать новые пространства).

Взаимопользные типы связей (+ +) преимущественно выражаются в том, что увеличение численности одного вида как партнёра вызывает увели-

чение численности другого. Такие связи широко представлены в биогеоценозах и играют заметную роль в функционировании и эволюции экосистем. К ним относятся *симбиоз* (от греч. *symbiosis* — «совместная жизнь») и *мутуализм* (от лат. *mutuus* — «взаимный») (рис. 76).



Рис. 76. Мутуалистические связи в природе: 1 — бабочка адмирал опыляет соцветие; 2 — бурндук распространяет семена сосны сибирской

Мутуализм и симбиоз — близкие по смыслу понятия, но не синонимы. Мутуализмом называют любую, в том числе случайную, взаимопользую связь видов, а симбиозом — очень тесное полезное сожителство определённых видов. Перенос пыльцы насекомыми и птицами, распространение плодов и семян животными — примеры мутуализма. Здесь нет чёткой привязанности между какими-то конкретными видами.

В симбиотических связях обычно участвуют виды, из которых один вид находится в такой зависимости от другого, что сам без него уже существовать не может. Известно, что в теле (слоевище) лишайника, представляющего собой симбиоз гриба и водорослей (или цианобактерий), фотосинтезирующий компонент (водоросль, цианобактерия) может существовать и без гриба, но гриб без этого компонента существовать не может. При этом определённые виды грибов и водорослей создают тот или иной вид лишайника (рис. 77).

Симбиоз образуют зелёные водоросли, поселяющиеся в инфузориях *Paramecium bursaria*, которым они отдают половину продуктов фотосинтеза, взамен получая защиту и устойчивость среды обитания, а также CO_2 для фотосинтеза. Широко распространён симбиоз растений и гриба — *грибокорень*, или *микориза* (от греч. *mykes* — «гриб» и *rhiza* — «корень»), — корней бобовых растений и азотфиксирующих бактерий. Некоторые глубоководные рыбы (например, удильщики) и головоногие моллюски образуют симбиозы со светящимися бактериями. Световая сигнализация в толще океана оказывается полезной рыбе, а светящиеся бактерии обильно снабжаются её питательными веществами.

Полезновредные связи. Много приспособлений сформировалось у видов, реализующих свои биотические отношения по типу полезновредных связей (+ -), при которых изменение численности популяции первого вида (жертва) влечёт за собой изменение численности популяции второго вида (эксплуататор), например отношения между растением и травоядным животным, жертвой и хищником, хозяином и паразитом. Все эти отношения обусловили огромное разнообразие встречаемых приспособлений у взаимодействующих видов, выражающихся в их анатомо-морфологическом строении, физиологических свойствах, поведении, ритме жизни и даже плодовитости. Развитие колючек и ядовитости у растений также является примером встречной адаптации по отношению к фитофагам. Выделение различных токсинов, антибиотиков растениями и грибами является способом защиты от вредителей (бактерий, животных) и других конкурирующих видов организмов.

Полезнонейтральные связи (комменсализм). При комменсализме (от лат. *com* — «с», «вместе» и *mensa* — «стол», «трапеза») один вид оказывает положительное воздействие на другой, но сам при этом какой-либо пользы или вреда не получает. Положительное воздействие может проявляться в предоставлении жилища, укрытия, места для прикрепления второму виду. Недоеденные остатки пищи, выброшенные отходы и выделения часто служат кормом второму виду (нахлебничество). Например, комменсалом белого медведя в арктической зоне является песец, часто питающийся остатками его пищи. В африканской саванне гиены, грифы — комменсалы льва, жуки-навозники (скарabei) — комменсалы слона.

В норах млекопитающих, гнёздах птиц, муравейниках, термитниках обитает много сожителей — «квартирантов», находящих здесь укрытие, но они безразличны для хозяев этих убежищ. То же касается размещения птичьих гнёзд на деревьях и кустарниках. Существование кустарников, трав и деревьев под пологом растений первого яруса в лесах тоже является примером комменсализма.

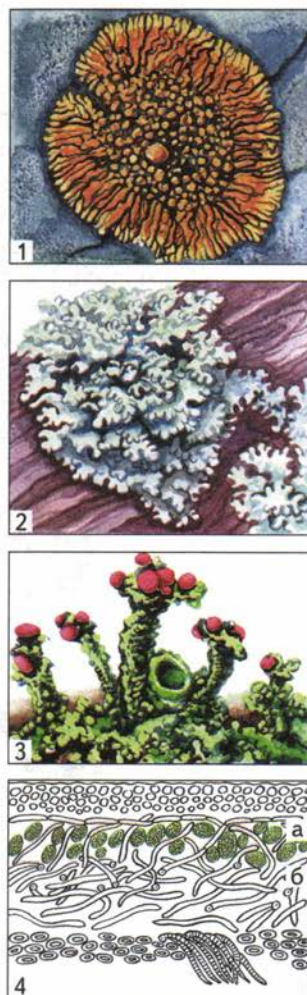


Рис. 77. Симбиоз гриба и водоросли — лишайники: 1 — накипные; 2 — листоватые; 3 — кустистые; 4 — внутреннее строение лишайника: а — водоросли; б — гифы гриба

Взаимовредные связи. В биогеоценозах наряду с полезными для видов взаимосвязями представлено большое разнообразие связей, взаимно исключаящих их совместное обитание. Такие связи наблюдаются между видами, имеющими сходные потребности в ресурсах биотопа. Контакты между такими видами взаимовредны, поскольку уменьшают их численность. Формами взаимовредных отношений являются конкуренция, антагонизм и агрессия. *Конкуренция* — это взаимоотношения между видами со сходными потребностями в средствах существования (пища, пространство, убежища). Например, леопард, лев, гепард (или грифы и гиена) являются конкурирующими видами в саванне Африки, однако жёсткие агрессивные отношения между ними наблюдаются редко, так как они являются представителями различных экологических ниш.

Антагонизм — отношения, при которых присутствие одного вида исключает пребывание другого. *Агрессия* — отношения активного вытеснения одних видов другими (рис. 78).

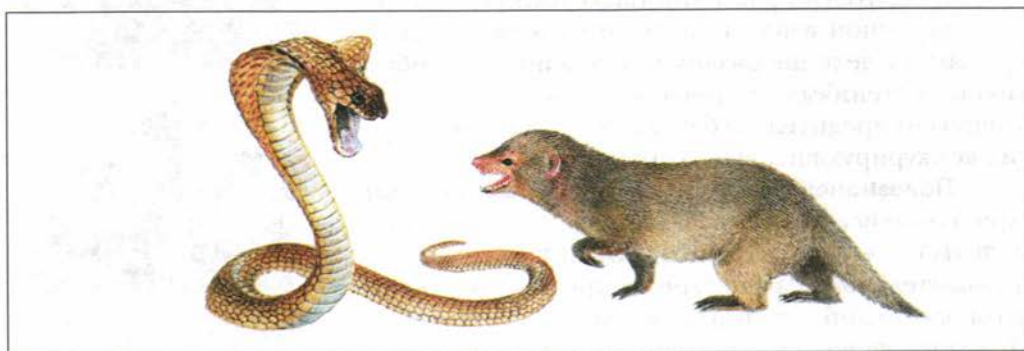


Рис. 78. Мангуст пугает индийскую кобру, а змея, отвечая ему тем же, широко раскрывает рот, расправляет капюшон и отклоняется перед нападением

Любые взаимовредные, отрицательные отношения между видами обусловили выработку ряда сопряжённых адаптаций. На основе взаимовредных отношений в биогеоценозе формируется иерархия видов с выделением доминирующих и второстепенных форм. Например, гепард, даже голодный, оставляет свою добычу подошедшему льву. Всё это оказывает существенное влияние на структуру биогеоценозов.

Длительное сосуществование видов в биогеоценозе способствует их специализации, развитию у них сопряжённых встречных адаптаций для более эффективного освоения пищевых и пространственных ресурсов. Это имеет большое значение для выживания особей и популяций и эволюции видов в целом.

Совместное существование видов в биогеоценозе — важное условие эволюции живых организмов.

1. Поясните, в чём отличие симбиоза от мутуализма.
2. В чём выражается способность видов к совместной жизни в биогеоценозе?
3. Почему в биогеоценозах сформировался комменсализм?
4. Какие адаптации выработались у организмов на воздействие взаимовредных биотических связей?

Лабораторная работа № 4 «Приспособленность организмов к совместной жизни в биогеоценозе» (см. Приложение).

§ 40

Условия устойчивости биогеоценозов

Вспомните:

- значение разнообразия биотических связей для биогеоценоза;
- что такое комменсализм;
- в чём заключается сходство и различие между понятиями «мутуализм» и «симбиоз».

Устойчивость биогеоценоза. Устойчивость биогеоценоза или экосистемы — это способность непрерывно поддерживать свою структуру, характер связей между элементами и их функционирование в пределах естественного колебания параметров. Многие положения об условиях поддержания устойчивости экосистемы были рассмотрены в § 24 на примере глобальной экосистемы — биосферы. Эти же механизмы действуют и в биогеоценозах, поскольку последние являются основными частями биосферы. Однако биогеоценозы являются биосистемами другого уровня, на поддержание их устойчивости влияют и другие условия.

Рассмотрим условия, влияющие на устойчивость биогеоценозов.

1. Богатство видового состава. Биогеоценозы, как правило, состоят из многих видов. Богатство видов и их функциональное разнообразие имеют большое значение для поддержания устойчивости биогеоценоза, так как от этого зависит непрерывность круговорота веществ и потока энергии в нём.

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

Бедные сообщества неустойчивы. Имеющиеся в них виды не образуют единого круговорота веществ, поддерживающего устойчивость биогеоценоза, так как нередко здесь отсутствуют или трофические связи между видами и наблюдается выпадение некоторых звеньев его структуры, или отсутствуют виды, в случае надобности способные функционально заменить, дополнить какой-то вид, утраченный экосистемой.

Многоярусные биогеоценозы, состоящие из большого количества популяций многих видов растений, животных, грибов и бактерий, связанных между собой разнообразными пищевыми и пространственными отношениями, называют сложными. Они наиболее устойчивы к неблагоприятным воздействиям. Исчезновение отдельных элементов, например уничтожение какого-то вида, мало отразится на судьбе этого биогеоценоза, поскольку в данном случае произойдёт лишь незначительная перестройка его структуры и организации. В биогеоценозах тропических лесов, являющихся исключительно сложными, никогда не наблюдаются вспышки массового размножения отдельных видов.

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

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

Чем разнообразнее видовой состав биогеоценоза, тем больше у него возможностей сохранить устойчивость с помощью тех или иных форм перекрывающих связей.



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

С увеличением разнообразия видов растений в биогеоценозе возрастает количество экологических ниш и усложняется его общая структура, усиливается взаимодействие прямых и обратных связей. Такая экосистема оказывается устойчивой.



Биологическое разнообразие в экосистеме — важное условие её устойчивости.

2. Жизненное пространство вида. Среднюю площадь (или объём) в пространстве биогеоценоза, приходящуюся на одну особь популяции рассматриваемого вида, называют его жизненным пространством. Оно имеет существенное

значение для поддержания устойчивости биогеоценоза, так как в его пределах организмы получают все необходимые средства к жизни: пищу, укрытие, возможность размножения. Каждый биогеоценоз населяет много популяций различных видов, а каждая территория может прокормить и укрыть лишь определённое количество особей. Ясно, что при таких обстоятельствах нормальное существование любой популяции будет зависеть от её жизненного пространства в биогеоценозе, от размещения в нём всего многообразия живого населения.

Например, растения, благодаря разнообразию жизненных форм (деревья, кустарники или травы), занимают в пространстве тот или иной ярус в надземной и подземной частях сообщества. При этом все особи растительных видов размещаются на определённом расстоянии друг от друга, которое определяется не только возможностями экотопа, но и потребностями растения. Так, растения своими корнями занимают пространство в почве для поглощения воды и минеральных солей, а кроной затеняют это пространство. Таким путём растения распространяют своё влияние на определённую территорию. Поэтому оптимальным для популяции какого-либо вида растений оказывается такое расстояние между соседними особями, при котором они не смогут отрицательно влиять друг на друга. При этом не наблюдается и недоиспользования пространства.

По такому же принципу осуществляется размещение животных и всего населения биогеоценозов.

В каждом конкретном случае тип размещения особей популяции любого вида в занимаемом пространстве оказывается приспособительным, то есть 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. Всё многообразие видов в процессе своей жизнедеятельности оказывает значительное влияние на условия среды своего обитания — биотоп биогеоценоза.

Например, растения в процессе фотосинтеза не только образуют первичную продукцию, необходимую консументам и редуcentам, 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; обеспечивают животных пищей; дают им укрытие от ветра, сухости 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. Скопление растительной биомассы в почве, остатков пищи в местах кормления растительных видов обеспечивает существование большого числа различных ви-

дов-редуцентов. Они перерабатывают эту биомассу и по принципу обратной связи возвращают её в биотоп в виде неорганических веществ, чем поддерживают биологический круговорот веществ в экосистеме.

Существенные качественные изменения среды, происходящие по причине изменения численности каких-то видов, выпадения типичного вида из сообщества или вселения в него нового вида, играющего особую средообразующую роль, 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 биоценозов и их биотопов.

Любой биогеоценоз существует в определённых условиях географической среды. Исторически сложившийся состав различных видов сообщества, его структура, сложность трофических сетей и пространственных отношений отражают его приспособленность к наиболее значимым, важнейшим особенностям географической среды и направлены на его устойчивое существование в этих условиях в течение длительного времени. Такая особенность проявления жизни на уровне биогеоценологических систем сложилась в процессе геологического и биологического развития нашей планеты. Однако в настоящее время, благодаря огромной по силе воздействия природопользовательской деятельности человека и человечества в целом, многие биогеоценозы теряют устойчивость, деградируют, что отражается на устойчивости биосферы. Такое положение вызвано вмешательством человека в сложившийся видовой состав биогеоценоза (вселение в него новых видов из других регионов и экосистем иного типа или одичавших домашних животных, выборочное уничтожение отдельных видов), а также разрушение биотопов, свойственных биогеоценозам.

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

1. Назовите основные свойства биогеоценоза, обеспечивающие его устойчивость.
2. От чего зависит богатство видовой состава биогеоценоза?
3. Может ли один и тот же биогеоценоз бесконечно долго устойчиво существовать на какой-то конкретной территории?
4. Сравните механизмы устойчивости биосферы и биогеоценоза и укажите их различия.

Лабораторная работа № 5 «Свойства экосистем» (см. Приложение).

Вспомните:

- роль биологического разнообразия в экосистеме;
- значение жизненного пространства в жизни живых организмов;
- что такое обратная связь в биогеоценозе.

Понятие о смене биогеоценоза. Наблюдая за каким-либо биогеоценозом в течение ряда лет, можно заметить, что он не остаётся неизменным. В нём 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 оказывают различное влияние на устойчивость биогеоценозов. Одни изменения непродолжительны, и сообщество легко восстанавливает свою стабильность, другие приводят к существенным изменениям общей структуры биогеоценоза, замене господствующих видов. При этом изменяется строение и особенности взаимоотношений между организмами. В результате биогеоценоз становится качественно отличным от того, что он представлял собой раньше: с новым типом круговорота веществ, иной направленностью потока энергии, новым составом видов, с особым ритмом их развития и с иной продуктивностью.

Явление, при котором один биогеоценоз со временем заменяется качественно другим, называют *сменой биогеоценоза* или *суццессией* (от лат. *successio* — «преемственность»).

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

Зарождаются биогеоценозы обычно за счёт того, что из соседних территорий на какую-то поверхность начинают вселяться новые виды (первыми — обычно растения), для которых имеющиеся на ней условия среды являются благоприятными. Если среди внедрившихся 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 произойти 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 счёт внедрения из окружающей среды новых для биогеоценоза видов (рис. 79).

Смена биогеоценозов на нашей планете происходит постоянно и всюду, но с разной скоростью и по различным причинам. Очень быстро, например,

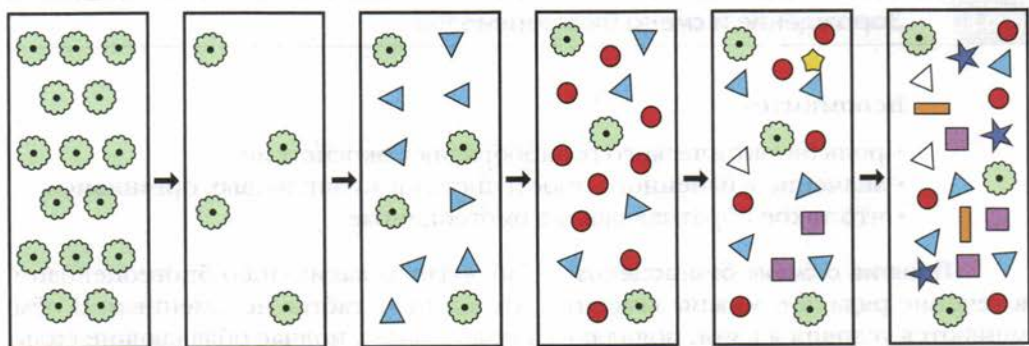


Рис. 79. Схема развития устойчивого многовидового природного сообщества на месте брошенной пашни путём смены неустойчивых сообществ. Значками обозначены разные виды растений

протекают смены на молодых залежах, брошенных пашнях, вырубках, гарях. Более медленно эти процессы происходят в хорошо сложившихся, устойчивых (коренных) биогеоценозах: дубравах, ельниках, ковыльных, злаково-полюнных степях, тропических лесах, лишайниковых тундрах и некоторых пустынях. Само появление коренных биогеоценозов в живом покрове планеты — результат многочисленных последовательно идущих смен.

Смена биогеоценоза — многолетний процесс. В этом процессе с помощью конкурентных отношений между видами постепенно формируется устойчивый комплекс популяций различных видов, способных к совместному существованию, который соответствует конкретным абиотическим условиям данной территории. Таким путём возникший биогеоценоз уже обладает достаточной степенью устойчивости, способностью к самоподдержанию в течение относительно длительного времени. Биогеоценоз, характеризующийся устойчивым стабильным состоянием, большим разнообразием видов, находящийся в равновесии с окружающей средой, способный поддерживать самого себя долгое время и *самовозобновляться*, называют *коренным*, или *конечным*.

Обычно такой устойчивый (коренной) биогеоценоз образуется в результате целого ряда последовательно идущих смен как завершение поступательного процесса. Эту цепь сменяющихся биогеоценозов называют *сукцессионным рядом* или *серией биогеоценозов*. В них каждый конкретно выраженный биогеоценоз является определённой стадией формирования конечного (коренного) сообщества. В этой серии биогеоценозов есть начальные, промежуточные (временные) и конечные.

Начальные, или *пионерные*, сообщества обычно представляют собой случайное сочетание растительных видов, возникающее на оголённых территориях. Здесь ещё нет хорошо выраженного биотопа, ярусности, сложившихся биотических связей и круговорота веществ между компонентами. Однако

присутствующие здесь виды уже создают условия для вселения новых видов, способных жить в таких условиях. Пионерные сообщества существуют недолго, потому их относят к временным.

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 заменяет предыдущий.



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

Примером формирования устойчивого коренного биогеоценоза путём 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 с их особыми растениями, животными, бактериями и грибами) оказываются промежуточными, временными биогеоценозами, а еловый — конечным, коренным (рис. 80).

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.

Смена биогеоценозов, представленная здесь, была вызвана естественными причинами, скрытыми внутри самих биогеоценозов. Внедрение новых видов явилось закономерным итогом развития самого предыдущего сообщества. Поэтому сукцессию (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 естественных 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

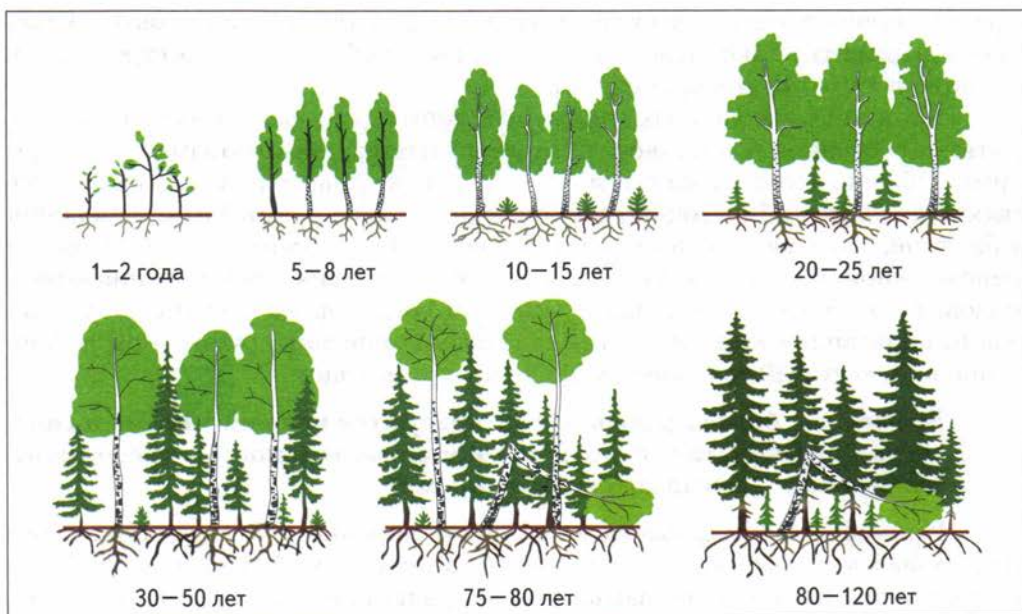


Рис. 80. Развитие лесного биогеоценоза на брошенной пашне

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 биогеоценоза, вплоть до его разрушения. Это может происходить как под влиянием естественных сил (стихийно), так и благодаря природопользовательской деятельности человека. Смены, совершающиеся внезапно, по причинам, чуждым биогеоценозу, В.Н. Сукачёв называл катастрофическими.

При катастрофической смене фактор, вызывающий смену, никак не связан с предшествующим ходом развития самого биогеоценоза и даёт несвойственные 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, лишённых жизни местах — на голых скалах, песчаных наносах рек, в искусственных водоёмах — прудах, на остывшей лаве и пр. 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 коренного лесного биогеоценоза 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, обитатели почвы и пр.).

Изучение смен биогеоценозов показывает, что они находятся в постоянном развитии и что даже хорошо сложившееся коренное сообщество, хотя и довольно медленно, но 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 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, то есть биосферу, а отдельный биогеоценоз представляет её элементарную структурную единицу. Естественные биогеоценозы всё чаще уступают свою территорию (путём 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. Почему коренной биогеоценоз является устойчивым?
2. Поясните, почему березняк и смешанный лес называют временными биогеоценозами.
3. Как совершается саморазвитие биогеоценоза?

Вспомните:

- какое явление природы называют сменой биогеоценоза;
- каковы причины смены;
- что называют сукцессией;
- какие типы смен биогеоценозов существуют в природе.

Циклические изменения в биогеоценозе. В любом биогеоценозе всегда происходят какие-то изменения — в состоянии жизнедеятельности его компонентов, в соотношении популяций видов и в свойствах биотопа. Такие изменения происходят в течение суток, сезона или года. Многие из них регулярно повторяются, неся циклический характер.



Повторяющиеся изменения, происходящие в биогеоценозе в течение суток, сезона или года, называют циклическими изменениями.

В отличие от смены биогеоценоза, 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.

Суточный, месячный и годичный ритмы проявляются из-за многочисленных и постоянно действующих вращений — Земли вокруг своей оси, Луны вокруг Земли, Земли вокруг Солнца, а Солнца вокруг своей оси и вращения по своей орбите («поясу жизни») в Галактике. В суточном и годичном ритмах изменяются освещённость, создаваемая Солнцем на поверхности Земли, температурный режим и ряд других параметров атмосферы и гидросферы. Периоды максимальной активности Солнца подчиняются 11-летнему ритму. Такой же ритм отчётливо проявляется во многих биологических процессах организмов и, как следствие, — биогеоценозов.

Обусловленные годовым ритмом сезонные изменения видового состава биогеоценоза не меняют его общую характеристику, так как закономерно повторяются из года в год. Например, ежегодные относительно дальние осенние перелёты птиц из биогеоценозов, где идёт их гнездование и выкармливание птенцов, в область зимовок с последующим возвращением обратно в весенний период повторяются каждый год.

Суточные изменения в биогеоценозе. Обычно они выражены тем сильнее, чем более значительной оказывается разница температур, влажности, освещённости и других факторов среды днём и ночью. Суточные изменения характеризуются суточным ритмом активности процессов жизнедеятельности видов, населяющих биогеоценоз (рис. 81).

У растений это выражается в суточном движении побегов, листьев и цветков, в том, что фотосинтез идёт только в светлое время суток, большинство видов раскрывает цветки днём, всасывание питательных веществ корнями тоже более активно совершается днём. 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: ночных бабочек, жаб, ежей, из птиц — козодоя, совы, многих млекопитающих. В ночное время раскрываются пахучие, светлые цветки некоторых видов растений, в опылении которых участвуют ночные животные.

Суточные изменения обеспечивают разделение активности жизнедеятельности популяций видов в биогеоценозе во времени, что позволяет снизить уровень конкуренции между видами. Тем самым видам со сходными потребностями в ресурсах биотопа открывается возможность сосуществовать на общей территории. Расхождение видов во времени по суточной активности приводит к усложнению структуры биогеоценоза, повышению биологического разнообразия в нём и более полному использованию ресурсов биотопа.



Суточные изменения приводят к усложнению структуры биогеоценоза и тем способствуют его устойчивости.

Сезонные изменения биогеоценозов наиболее отчётливо выражены в климатических зонах и областях с контрастными условиями тёплого и холодного (или сухого и влажного) периодов года. Известно, что в неблагоприятные сезоны года ряд видов мигрирует в районы с лучшими условиями существования. Миграции широко распространены среди птиц и млекопитающих. У растений также наблюдаются значительные сезонные изменения в активности жизнедеятельности — в зависимости от сезона растения меняют интенсивность фотосинтеза и накопления биомассы. Развитие побегов, цветение и плодоношение, развёртывание листьев и листопад — это всё сезонные явления в жизни растений, во многом определяющие внешний вид и структуру биогеоценоза.



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

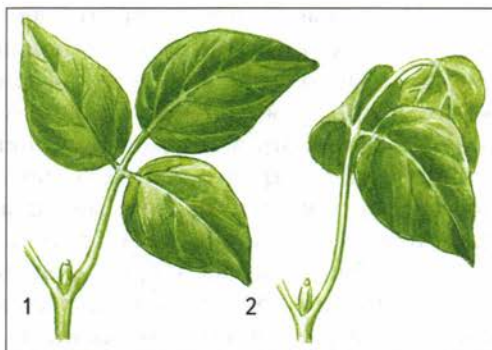


Рис. 81. Суточные движения листьев фасоли: 1 — лист днём; 2 — лист ночью

Сезонные изменения выражаются не только в степени активности видов, но и в количественном соотношении отдельных видов (в зависимости от сезонных миграций животного населения, от циклов его развития и размножения и 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 они достигают наибольшей степени участия в жизнедеятельности сообщества. Некоторые виды вообще заметны только в период цветения. Например, очень ранней весной, до раскрытия листьев на деревьях, появляются раннецветущие растения (подснежники). Их цветение непродолжительно, но массово. Спустя некоторое время цветущие побеги отмирают, и летом их уже не найти.

Обычно первыми начинают цвести *печёночница* и *селезёночник*, чуть позже зацветают *хохлатка* и *гусиный лук жёлтый*, за ними цветёт *медуница*, затем — *чина весенняя*, *ветреница дубравная* и *лютичная*, чуть позже — *примула-баранчик*. Их цветение, разное по окраске — голубое, синее, лиловое, жёлтое, белое и розовое, — одно за другим сменяет друг друга. Сроки массового цветения этих видов очень коротки. И у многих их представителей все 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* (от лат. *aspectus* — «вид»). Последовательность смен аспектов, как правило, повторяется из года в год примерно в одни и те же сроки.

Изменение количества активно функционирующих видов в биогеоценозе в течение года обусловлено не только глубокими (наследственными) адаптациями к переживанию неблагоприятных сезонных условий существования (нехватки света, холода, бескормицы), но и коадаптациями к максимальному использованию благоприятных весенних или летних условий для сосуществования с другими видами, для успешного развития, размножения и расселения.

Годичные циклические изменения. Такие изменения связаны с циклическими многолетними изменениями климата, обусловленными активностью Солнца в виде его 11-летнего, векового и ещё более длительных циклов, вызванных различными космическими влияниями. Циклы изменений среды в разные годы оказывают заметное влияние на жизнедеятельность населения биогеоценозов. Это хорошо заметно на примере многолетних растений — деревьев-долго-

жителей, у которых периодичность годовых изменений условий среды проявляются в величине годовых приростов и толщине годовых колец.

Ещё в 1892 году лесовод Федор Никифорович Шведов в работе «Дерево как летопись засух» отметил, что годовые кольца на срезе стволов деревьев, например *белой акации*, отражают чередование влажных и засушливых лет. Американский учёный А. Дуглас в 30-х годах XX века нашёл, что у долгожителя — мамонтова дерева (*Sequoia sempervirens*), возраст которого может достигать 3200 лет, с правильной закономерностью каждые 10–12 лет чередуются узкие и широкие годовые кольца, соответствуя циклам солнечной активности.

Подобные исследования имеют большое значение, позволяя по колебаниям годовых приростов у деревьев реконструировать колебания климатических условий в прошлые десятилетия и даже столетия, особенно в случаях, когда нет непосредственных метеорологических данных о климате в тот период времени.

Суточные, сезонные и годовые изменения биогеоценоза, хотя и не ведут к его смене, но свидетельствуют о динамическом характере его функционирования 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 годовые изменения называют циклическими?
2. Какое воздействие на биогеоценоз оказывает прилёт (или отлёт) перелётных птиц?
4. Поясните, почему птица клёст (клёст-еловик и клёст-сосновик) перелетает на зиму в леса таёжной зоны и здесь (в конце января — феврале) выводит птенцов.

§ 43

Биогеоценоз как особый уровень организации жизни

Вспомните:

- какую роль играют биогеоценозы в структуре биосферы;
- каковы структурные компоненты биогеоценоза как биосистемы;
- сущность понятия «структурный 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 являются биогеоценозы. Они осуществляют эту связь и реализу-

ют биогеохимические циклы общего биологического круговорота веществ в биосфере.

Биогеоценоз (от греч. *bios* — «жизнь», *ge* — «земля» и *koinos* — «общий», «совместный») — это открытая живая система (биосистема), эволюционно сложившаяся из разных видов бактерий, растений, грибов и животных, совместно заселяющих определённые места обитания. Для биогеоценоза, как любой биосистемы, характерны устойчивость, целостность и единство, которые поддерживаются с помощью биологического круговорота веществ.

Биогеоценозы входят в состав биосферы как её части. Но на своём *биогеоценозическом уровне* они выступают как самостоятельные, целостные единицы жизни.

Особенности биогеоценозического уровня жизни. Рассмотрим особенности биосистем биогеоценозического уровня, проявляющиеся в таких общих характеристиках всех систем, как структура, процессы, организация 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 (от греч. *bios* — «жизнь» и *topos* — «место»), или местообитание, — это однородное по условиям жизни пространство, занятое определённой совокупностью популяций (видов) растений, животных, грибов, бактерий. Биотоп представляет собой внешнюю среду — комплекс абиотических условий обитания, в том числе ресурсы (пища, укрытие) для его населения.

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

Всё живое население биоценоза делится на три функциональные группы: *продуценты, консументы и редуценты*. В составе этих трёх 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.

Назовём *главнейшие процессы*, характеризующие биогеоценоз: 1) круговорот веществ и поток энергии, обеспечивающие саморегуляцию и устойчивость биосистемы, её организацию; 2) продуцирование биомассы, поддерживающее 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 контактов между видами и средой, основанных на пищевых, пространственных, средообразующих взаимоотношениях видов, энергетике и обратных связях.

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

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

Каждый биогеоценоз имеет определённую область и границы распространения. Но на поверхности земного шара фактически нет мест без природных сообществ. Они имеются на огромных глубинах в придонных слоях и в толще океанов, в почвенной среде жизни, в высокогорьях близ ледников, в пустынях, в северных широтах и на экваторе. Биогеоценозы различаются между собой по видовому составу, сложности строения. Но всегда их главным свойством 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 биогеоценотического уровня — активное использование организмами всего многообразия возможностей сред жизни на Земле в создании благоприятных условий развития и процветания видов во всём их разнообразии.

Все 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. Дополните фразу правильным утверждением.

Основным процессом, организующим биогеоценоз, является:

- а) разнообразие популяций и видов;
- б) изменение численности популяций;
- в) круговорот веществ и поток энергии;
- г) создание биомассы.

Проверьте себя.

Что вы узнали из материала главы 7

«Природное сообщество как биогеоценоз и экосистема»?

Тренируемся

1. Что называют экосистемой?
2. Почему биогеоценоз называют также экосистемой?
3. Охарактеризуйте роль биогеоценозов в биосфере.
4. Какая экосистема считается устойчивой?
5. От чего зависит устойчивость экосистем?
6. Назовите типы связей, наблюдающиеся в биогеоценозах.
7. Какие компоненты выступают основными структурными единицами экосистемы?
8. Как протекает смена экосистем?
9. Какие причины вызывают смену экосистем?
10. В чём отличие вековой смены от сукцессии?
11. Какие экосистемы называются коренными, а какие — временными?
12. Чем характеризуется коренная (конечная) экосистема?
13. Почему населением биогеоценозов считаются популяции, а не виды?
14. Укажите отличие циклических изменений в биогеоценозе от смены биогеоценоза.
15. В каких биогеоценозах ярко выражены циклические изменения?

Выскажите свою точку зрения

1. Почему нельзя искусственным путём вырастить тропический лес — ведь люди уже давно научились выращивать хвойные леса и дубравы путём искусственных лесопосадок?
2. Различают три типа смен биогеоценозов: сукцессионные, катастрофические и вековые. В каких из них осуществляется процесс коэволюции видов?
3. В каких направлениях может развиваться биогеоценоз, если в него внедряется популяция с сильными средообразующими свойствами? Какие типы биоценологических связей между популяциями (+ +, + 0, + — и — —) особенно важны для поддержания устойчивости биогеоценоза?

Проведите наблюдение и установите

Внимательно рассмотрите внешний облик двух комнатных растений — бегонии королевской и колеуса (крапивки). Установите, какое из названных растений обитает во влажных тропических лесах, а какое — в сухих тропических степях. Укажите признаки растений, которые помогли вам определить их родину.

Обсудите проблему

Какие природные явления, свойственные биogeоценозам, отражены в цитатах из 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 тёмной
Не жаль певца любви и неги томной.
А соловей съедает светляка,
Не посмотрев на прелесть огонька;
Светляк же — ночи светоч оживлённый,
Вползая вверх, цветок съедает сонный.

Эразм Дарвин. «Храм природы» (1802)

Моя позиция

Я согласен со словами академика Д.С. Лихачёва: «Погибнуть человечество и природа в целом могут не только биологически вместе с уничтожением всего живого, но и духовно вследствие гибели Культуры...»

Узнайте больше

• Термин «биоценоз» используется в биологической литературе с конца XIX века. Понятие «биоценоз» как сообщество в научную литературу по биологии впервые ввёл немецкий гидробиолог К. Мёбиус в 1877 году. В своей книге «Устрицы и устричное хозяйство» вопросу о биоценозе он посвятил целую главу, назвав её «Устричная банка как биологическое сообщество или биоценоз». Устричными банками называют морские отмели.

Исследуя условия ведения устричного хозяйства на устричных банках Северного моря (характер грунта, солёность воды, температуру и жизнь самих устриц), К. Мёбиус сделал вывод о существовании



Карл Август Мёбиус (1825–1908), немецкий зоолог и гидробиолог. Основные научные исследования посвящены биологии и экологии морской фауны

на мелководьях особых сообществ живых существ, представляющих собрание разных видов, особи которых находят здесь всё необходимое для роста и развития. Такие сообщества он назвал термином «биоценоз» («biocenosis»). Находясь под влиянием учения Дарвина, Мёбиус вскрыл главную сущность содержания понятия «биоценоз» — наличие взаимодействующего комплекса живых организмов, обитающих совместно. Его труд о биоценозах устричных банок Северного моря положил начало новому направлению в биологических и экологических исследованиях природы — биоценологическому.

- Прочитайте книгу Ф. де ла Фуэнте «Африканский рай» (М., 1972).

Темы самостоятельных исследований

1. Биологическое разнообразие стволовых вредителей хвойного леса.
2. Паразитические грибы как возбудители болезней у растений леса (парка).
3. Раннецветущие растения леса (парка).
4. Рост и развитие побегов мать-и-мачехи.
5. Зимующие птицы хвойных (смешанных) лесов моего региона.

Темы рефератов

1. Роль миграции животных в развитии лесных экосистем.
2. Клещи как компоненты лесной экосистемы и как возбудители тяжёлого энцефалита.
3. Использование паразитических насекомых в борьбе с вредителями леса.
4. Многообразие видов-редуцентов в экосистеме.
5. Зимовка животных в степных биогеоценозах.

Основные понятия

Экосистема, биогеоценоз, биоценоз, биотоп, природное сообщество, экологическая ниша, биоценологические связи, трофические связи, круговорот веществ, поток энергии, структура экосистемы, продуценты, консументы, редуценты, цепи питания (пастбищные и детритные), трофическая сеть, сукцессия, правило 10 процентов, первичная продукция, вторичная продукция, биомасса, экологические пирамиды, биогеоценологический уровень организации жизни.

Вспомните

- условия, определяющие устойчивость биogeоценоза;
- причины смены биogeоценозов;
- в чём состоит различие между понятиями «биogeоценоз» и «экосистема».

Типы биogeоценозов. Всё многообразие природных сообществ в биосфере можно разделить на две группы — *водные* и *сухопутные*. Водные часто называют *гидроценозами* (от греч. *hydor* — «вода» и *koinos* — «общий») или водными экосистемами, сухопутные — *биogeоценозами* или просто экосистемами. В водных экосистемах жизнь сообщества живых организмов определяется преимущественно абиотическими факторами водной среды, а в сухопутных преобладает влияние самого живого населения, то есть биотических факторов. Рассмотрим примеры водных экосистем.

Типы водных экосистем. Океаны с морями и их бассейнами занимают более 70 % земной поверхности. В них содержатся разнообразные экосистемы, характеризующиеся своими абиотическими и биотическими особенностями. Следует подчеркнуть, что в древности моря были средой появления первичных экосистем, поскольку установлено, что жизнь зародилась в воде. Потому морские организмы имеют огромное разнообразие приспособлений, позволяющих им не только жить и перемещаться в водной среде, но и находить энергетически ценную пищу в огромном водном пространстве и выживать рядом с соседствующими видами.

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

Типичным для всех водных экосистем является то, что физические факторы среды определяют жизнь сообщества видов. Волны, приливы и отливы, течения, солёность воды, её температура, насыщение газами, давление и интенсивность освещения в значительной степени определяют видовой состав биоценоза и его биотоп.

Морские экосистемы. Они очень разнообразны и особенно богаты видами в прибрежной — литоральной части, в приливно-отливной зоне и эстуариях (устьях рек у места впадения в море). Разнообразие биотопов в прибрежной части обуславливает наличие большого количества экосистем, мозаично размещающихся вдоль берега. В них обитает огромное многообразие видов из

всех царств живой природы. По имеющимся оценкам гидробиологов, именно в этих гидроэкосистемах добывается более половины всех морских видов в Тихом и Атлантическом океанах.

В открытом океане, вблизи поверхности воды, образуются экосистемы, основным населением которых является планктон, состоящий из мелких, взвешенных (парящих) в воде организмов. Планктон размещается в морских водоёмах не глубже 150–180 м, то есть на глубинах, куда проникает свет.

Планктон (от греч. *planktos* — «блуждающий») — совокупность организмов, населяющих толщу воды и пассивно переносимых течением. В состав планктона входят бактерии, микроскопические растения, животные и их личинки. Важной частью планктона является фитопланктон — совокупность растений, в основном водорослей. Парение организмов в воде осуществляется при помощи особых приспособлений, увеличивающих поверхность тела или уменьшающих их вес: выростов, щетинок, перепонок, газовых вакуолей и пр. Фитопланктон является производителем первичного органического вещества в любом водоёме, будучи, таким образом, началом любой трофической цепи. Все микроскопические животные организмы планктона в совокупности называют *зоопланктоном*.

Фотосинтезирующий фитопланктон служит пищей многим мелким планктонным животным, которых в свою очередь поедают крупные, активно передвигающиеся рыбы, кальмары, китообразные, составляющие *нектон*.

Когда организмы, образующие планктон, погибают, их тела падают на дно океана (*бенталь*), обеспечивая там пищей других существ, входящих в экосистему *бентоса* (от греч. *benthos* — «глубина»). В экосистемах бентоса находятся главным образом животные и бактерии, которые перерабатывают попавшие на дно органические вещества. Растения на больших глубинах существовать не могут, поскольку туда не проникает свет (рис. 82).

Экосистемы открытой части океанов и морей характеризуются огромными размерами (порядка тысячи километров), наличием достаточно тесных связей с соседними экосистемами и размытостью границ между ними. Пищевые цепи в таких экосистемах начинаются с мельчайших автотрофов и кончаются крупными животными — хищниками (гигантские рыбы, головоногие моллюски, змеи, киты). Эти экосистемы — коренные, они 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 состава видов живого населения (рис. 83).

В тёплых морях представлены богатейшие экосистемы коралловых рифов и водорослевые экосистемы. Проникновение света обуславливает обилие водорослей и благоприятные условия для дыхания животных. Это способствует высокой концентрации разнообразнейших представителей живого

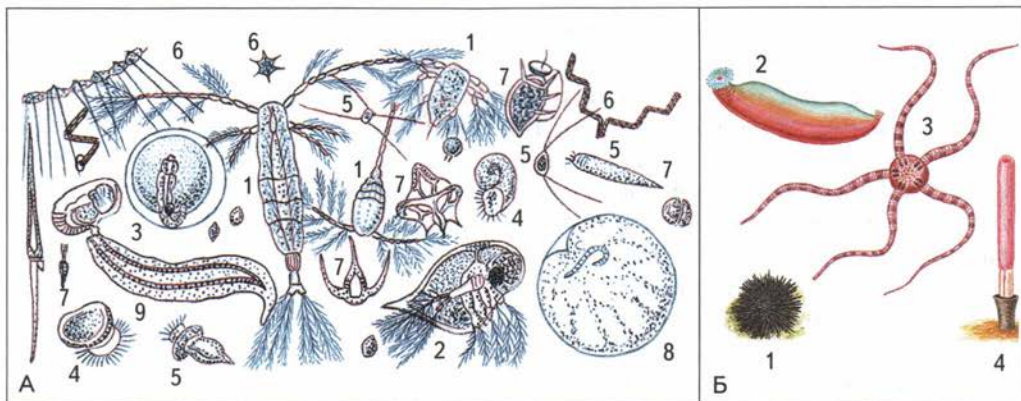


Рис. 82. Обитатели морских экосистем: А — морской планктон: 1–2 — ракообразные и их личинки; 3 — икринка рыбы; 4 — личинки моллюсков; 5 — инфузории; 6 — диатомовые водоросли; 7 — перидинеи; 8 — ночесветка; 9 — аппендикулярия; Б — представители бентоса: 1 — морской ёж; 2 — голотурия; 3 — офиура; 4 — погонофора

мира: бактерий, простейших, кишечнорастворимых, кольчатых червей, ракообразных, моллюсков, иглокожих (морских звёзд, ежей, голотурий) и колоссального количества различных видов рыб и морских змей.

Пресные воды. Они занимают всего лишь 2–3 % земной поверхности и представлены озёрами, прудами и реками. Условия обитания в них зависят от местных территориальных и климатических особенностей.

В отличие от озёр и прудов, реки характеризуются направленным течением вод. Это основной фактор, который доминирует над другими естественными факторами, влияющими на растительный и животный мир рек. Озёра и пруды, в отличие от рек, ввиду закрытости водоёма характеризуются достаточно быстрым накоплением осадков, богатых минеральными веществами (от сброса сельскохозяйственных и бытовых сточных вод, промышленных загрязнений), что неизбежно приводит к потере устойчивости водной экосистемы. Глубокие озёра, например такие как Байкал, обладают достаточно высокой устойчивостью вследствие захоронения орга-

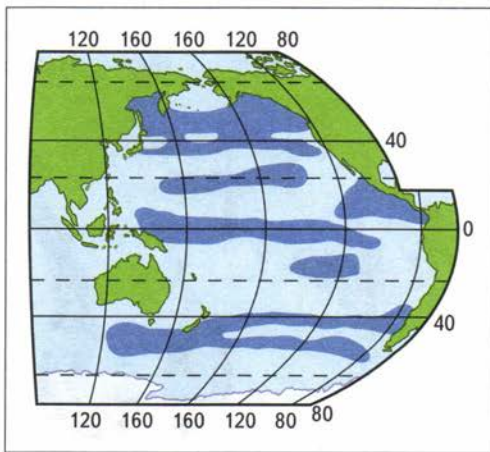


Рис. 83. Океанические экосистемы в Тихом океане. Размеры и конфигурация экосистем показаны синим цветом

нических веществ, постоянно поступающих в них, в глубоководных отложениях. Однако и у глубоководных озёр есть определённый предел накопления осадков, после чего наступает потеря устойчивости экосистемы. Это незамедлительно сказывается на изменении видового состава её населения.

В этой связи все озёрные водоёмы классифицируют в зависимости от глубины водной толщи, местного климата и содержания химических примесей в воде. На этом основании различают следующие типы озёр: очень глубокие, более мелкие и с глубиной не более 3–5 м. В первых наблюдается постоянное расслоение водной толщи на верхний, хорошо перемешиваемый и соответственно богатый кислородом слой и нижний — застойный, более холодный и почти лишённый кислорода. Граница между верхним и нижним слоями в озёрах умеренных широт обычно проходит на глубине 7–10 м. Более мелкие озёра один или несколько раз в году перемешиваются по всей глубине, поэтому расслоение толщи их воды имеет не постоянный, а периодический характер. У третьего типа озёр расслоения толщи водного слоя по температурным и химическим параметрам не происходит, поскольку здесь вода постоянно перемешивается путём конвекции даже в зимнее время.

В оценке состояния озёрных экосистем важно подразделение их на сточные, проточные (транзитные) и аккумулятивные (накопительные). Эти особенности озёрных водоёмов имеют существенное значение в связи с угрозой явления эвтрофикации (от греч. *eurys* — «обширный» и *trophe* — «питание»), или обогащения. Эвтрофикацией называется процесс преобразования водной экосистемы в результате привнесения в водоём минеральных и органических веществ с водосбора в таких количествах, которые не могут быть усвоены и переработаны биоценозом водоёма. Эвтрофикация — это процесс, который в первую очередь связан с состоянием водосбора озера, а также с хозяйственной деятельностью человека на его территории.

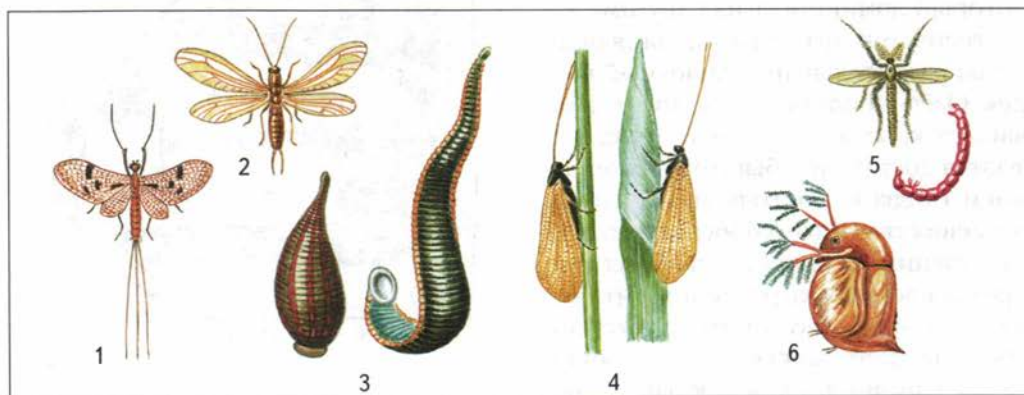


Рис. 84. Животные — индикаторы состояния водоёмов: 1 — подёнка; 2 — веснянка; 3 — пиявка; 4 — ручейники; 5 — мотыль с личинкой; 6 — дафния

Пруды и созданные человеком водохранилища — это искусственные пресноводные гидрэкосистемы. Все они подвержены эвтрофикации.

Экологическое состояние гидрэкосистем. Воздействие загрязняющих веществ на водные экосистемы обычно проявляется в изменении структуры сообществ и состава животных и растительных видов. Индикаторами (показателями) чистоты или загрязнения водных бассейнов служат доминантные (преобладающие) виды, такие как веснянки, подёнки и ручейники, популяции которых уменьшаются сразу при загрязнении водоёма. Индикаторами также могут служить личинки комара, мотыля, пиявки, а также некоторые ракообразные, численность которых, наоборот, возрастает при загрязнении (рис. 84).

Угроза эвтрофикации весьма актуальна не только для озёр, но и для океанов, всех морей и водохранилищ.

1. Почему в прибрежной части водного бассейна существует больше экосистем, чем в основной толще водного пространства?
2. Возможен ли процесс эвтрофикации в речных экосистемах?
3. Охарактеризуйте пользу знаний о видах-индикаторах.
4. Почему в водных экосистемах у организмов разных видов преобладает хищничество как тип питания?

§ 45

Многообразие биогеоценозов суши

Вспомните:

- условия, определяющие существование морских экосистем;
- особенности круговорота веществ в озёрных экосистемах;
- характер пищевых цепей в водных экосистемах.

Типы биогеоценозов суши. В биогеоценозах суши, в отличие от водных, жизнь сообщества видов определяется в большей части самим живым населением, то есть биотическими факторами среды.

Биогеоценозы делят на *древесные* и *травянистые*. В природе много различных лесных (древесных) биогеоценозов (экваториальные дождевые леса, тропические листопадные леса, хвойные леса холодной зоны, широколиственные, мелколиственные, смешанные леса умеренного климата и пр.). К травянистым биогеоценозам относятся степи, прерии и луга. Имеются также древесно-травянистые (в саванне), лишайниково-травянистые (в тундре), кустарниково-травянистые (в пустынях и болотах). В их почвах развиваются разные микроорганизмы. Степи, леса, тайга — это биомы (от англ. *biome* — «совокупность»), то есть совокупности различных биогеоценозов в определённой ландшафтно-географической зоне (рис. 85).



Рис. 85. Сибирская тайга и африканская саванна

Обычно биомом называют наземные сообщества, занимающие большие пространства суши. Например, пустыни или тундры, хвойные леса, тропические леса, луга, болота выглядят одинаково в разных частях земного шара, хотя различаются и по видовому составу, и по присутствию в них различных биогеоценозов.

Лесные биогеоценозы. Самый богатый из всех экосистем на Земле — это тропический дождевой лес. Он отличается наибольшим разнообразием видов. Эти 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. Земля покрыта лишь тонким слоем подстилки — гниющими листьями, экскрементами и разного рода остатками, которые быстро перерабатываются грибами и бактериями, а образовавшиеся минеральные соли быстро вымываются регулярно идущими обильными дождями. Здесь практически нет трав.

Во всех тропических лесах трудно найти рядом два-три растения одного и того же вида. Обычно в них произрастают отдельные (единичные) особи очень многих видов древесных растений, чего никогда не наблюдается в лесах умеренного пояса. Поэтому уничтоженный *тропический* лес нельзя восстановить *искусственной лесопосадкой*, как это делается при выращивании человеком еловых, сосновых, пихтовых и других лесов. Дело в том, что лес умеренного климата обычно образуют многочисленные особи одного вида (ель или сосна, берёза, пихта, лиственница). Лишь в некоторых лесах лесобразующими породами оказываются 2–3 или 4 вида (смешанный лес, дубрава). Здесь проявляется определённая закономерность — соотношение числа видов и числа особей видов в сообществе.

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

Леса умеренного и холодного климата характеризуются единообразием, обусловленным тем, что в них находится очень много особей, но небольшого числа или даже единственного вида деревьев. Подобное явление происходит потому, что в природе имеется мало древесных видов, адаптировавшихся к холодному климату, резкой смене сезонных температур, промерзанию почвы, где находятся корни. Здесь тянется довольно долгая зима, и большая часть осадков выпадает в виде снега. Из замёрзшей почвы зимой деревья не могут восполнять запасы воды, теряемой путём испарения, хотя они и замедляют испарение — листопадные породы сбрасывают к зиме листья, а у хвойных игловидные листья имеют толстую восковую кутикулу.

Животное население в таких лесах также не очень богато видовым разнообразием. Оно увеличивается лишь в летний период за счёт появления перелётных птиц и пробудившихся от зимнего сна животных.

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

В настоящее время все лесные биогеоценозы подвергаются массовому сокращению в результате деятельности людей. Особенно сильно уничтожаются тропические и таёжные леса. Это создаёт значительную угрозу устойчивости биосферы.

Травянистые биогеоценозы. Они отличаются от лесов отсутствием древесной растительности и высокой степенью обогащения почвы вследствие 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 ещё более жарких областях земной поверхности. Степи и прерии развиваются на высокоплодородных почвах — чернозёмах. 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 все они распаханы и превращены в поля, засеваемые зерновыми, бобовыми и другими культурами. Лишь малая доля степей и прерий сохранилась в первозданном виде на небольших клочках неудобий — между оврагами, у обочин дорог и на крутых склонах гористой местности.

Луга — это травянистые биогеоценозы, растительный компонент которых представлен сообществом 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) (рис. 86).

В этих биогеоценозах основу растительного покрова составляют многочисленные виды злаков и цветущего разнотравья, а животных — обилие насекомых (жуки, мухи, бабочки и пр.).

Луга — это главные сенокосные угодья и места выпаса скота.

К сожалению, как степные, так и луговые биогеоценозы во многих регионах уничтожены — распаханы для выращивания культурных растений или заняты городами, посёлками и промышленными предприятиями.



Рис. 86. Альпийские луга

Болотные биогеоценозы. Это природные сообщества, сочетающие в себе небольшое количество видов древесно-кустарниковых, травянистых и моховых растений, размещающихся в местах, где почва значительно увлажнена и капельно-жидкая вода долгое время удерживается мхами. Основным средообразующим растением здесь является мох-сфагнум.

Болота характеризуются бедностью видового состава растений и животных. Лишь в летние периоды года наблюдается некоторое увеличение животного населения, преимущественно птиц и пресмыкающихся. Круговорот веществ здесь неравновесен и идёт с накоплением растительной массы, которая со временем превращается в торф.

Во многих местах человек проводит осушение болот и занимает осушенные территории для своих нужд.

Пустынные биогеоценозы находятся преимущественно в тропических и субтропических районах земного шара. Для них характерно выпадение малого количества осадков в течение года, высокие температуры и яркое освещение на протяжении длительного времени года. Пустыни бывают жаркие и холодные. Растительный покров у пустынных экосистем сильно изрежен. Животные проявляют активность преимущественно в ночное время. Все виды живых организмов биоценоза хорошо приспособлены к жёстким условиям пустыни. Не-



Рис. 87. Пустыня

которые пустыни используются людьми как сельскохозяйственные угодья — под посевы или пастбища. Для этого из других районов производится доставка воды для орошения полей и водопоя скота или используются подземные глубинные воды (рис. 87).

Главными факторами, определяющими особенности пустынных, лесных, болотных и травянистых

экосистем на конкретных территориях, являются типы почв, а также среднегодовое количество осадков и средняя температура. Немаловажную роль в их существовании играет человек.

Совокупность многообразных биогеоценозов образует целостный биогеоценотический покров Земли, то есть биосферу, а отдельные биогеоценозы представляют собой её элементарные структурные единицы.

Естественные биогеоценозы всё чаще уступают свою территорию культурным (искусственным) экосистемам, особенно агробиоценозам. Поэтому в настоящее время значительная доля (более 10 %) основных функций биогеоценозов — поддержания газового состава и гидротермического режима атмосферы, качества почв, создания первичной биопродукции и прочего — выполняется агробиоценозами. Пропорционально этой доле возросла и мера ответственности человека за судьбу биосферы.

1. Какими бывают травянистые биогеоценозы?
2. Какая закономерность соотношения видов и особей прослеживается в лесных биогеоценозах?
3. К какому типу относятся экосистемы, окружающие ваш дом (школу)?
4. Выскажите своё мнение.

Вырубка тропических лесов ведёт к уменьшению разнообразия мира растений и животных, который там представлен почти 50 %-ми всех существующих видов на Земле. В настоящее время идёт активное уничтожение лесов Амазонии. Бывший президент Бразилии Ж. Сарлей заявил: «Бразилию не удастся заставить воздержаться от освоения девственного леса в бассейне Амазонки, поскольку это не международный заповедник, а важная для страны кладовая, служащая источником экономического развития».

Какова ваша точка зрения на это высказывание? Что бы вы предложили в создавшейся ситуации для преодоления возникшего противоречия?

Вспомните:

- чем обусловлено разнообразие природных биогеоценозов;
- каковы условия устойчивости природных экосистем;
- какие причины влияют на смену биогеоценозов.

Характеристика искусственных биогеоценозов. Наряду с естественными в природе имеется большое количество разнообразных биогеоценозов, соз-

данных усилиями человека. Это различные лесопосадки, поля, плантации, сады, парки, оранжереи, аквариумы, пруды и пр. Биогеоценозы, создаваемые человеком, называют *культурными* или *искусственными* биогеоценозами. Обычно это сообщества, представленные на землях сельскохозяйственного пользования, занятых посевами или посадками культурных растений. *Полевые* биогеоценозы называют *агробиогеоценозами* или *агробиоценозами* (от греч. *agros* — «поле» и биоценоз), или агроэкосистемами.

Все культурные биогеоценозы характеризуются комплексами организмов, входящими в их состав, различными типами взаимоотношений между видами, в том числе трофическими связями, образующими цепи и сети питания. Но, в отличие от естественных, в культурных биогеоценозах человек по своему усмотрению создаёт определённый видовой состав, контролирует условия среды обитания видов, их численность, плотность и типы взаимодействия. 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. Это наиболее широко распространённые культурные экосистемы (рис. 88).

Растениеводство зародилось независимо в разных частях земного шара примерно 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 них выращивается преимущественно лишь 13 пищевых видов растений, которыми питается большая часть человечества.



Рис. 88. Подсолнечниковое поле

Поэтому агробиоценозы по своему значению важны не только в биологическом и экологическом, но и в экономическом отношении.

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

Соотношение разнообразных групп населения в агробиоценозе не обеспечивает ему должной устойчивости и нередко ведёт к деградации экосистемы.

Вся структура агробиоценоза организуется и поддерживается человеком, действующим исходя из своих интересов и использующим современные технические и химические средства. Видовой состав (сортовое разнообразие), горизонтальная, вертикальная и возрастная структуры биогеоценоза отличаются относительной простотой и однородностью (рис. 89). Обеспечение влагой, минеральными веществами, а также обработка почвы (рыхление, вспашка, прополка, полив и пр.) — всё осуществляется человеком. Поэтому предоставленный сам себе агробиоценоз оказывается неустойчивым и подвергается более или менее скорому, но неизбежному изменению в сторону естественных зональных типов биогеоценозов.

Особенности агроэкосистем. В характеристике агробиоценозов принципиальное значение имеет *неполнота круговорота веществ* в их системе. Это происходит потому, что ежегодно вместе с урожаем из полевой экосистемы изымается большая часть биопродукции. В связи с этим идёт обеднение почвы, которое лишь частично компенсируется внесением минеральных и органических удобрений. В связи с этим агробиоценозы считают неустойчивыми экосистемами.

Слабая устойчивость агробиоценозов определяется ещё и тем, что в составе продуцентов используются культурные растения, для которых характерны вмешательство человека в естественный отбор видов и замена его искусственным отбором. При этом отбор, осуществляемый человеком, направлен не на качества, полезные для вида растений, а на качества, важные для человека, иногда даже осложняющие жизнь самого растения. В результате эти виды (сорта) теряют самостоятельность в поддержании своего существования, а их агробиоценозы без помощи человека быстро вытесняются более конкуренто-

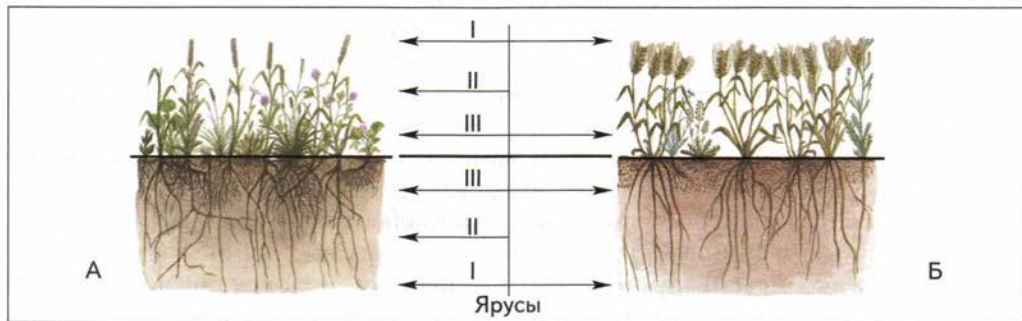


Рис. 89. Ярусное строение естественного и культурного травянистых сообществ: А — естественное природное сообщество «луг»; Б — культурное природное сообщество «поле»

способными естественными экосистемами с эффективными механизмами самоподдержания.



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

Ещё одной особенностью агробиоценоза является кратковременность его существования. В большинстве случаев агробиоценозы существуют лишь в течение одного вегетационного периода. Так, существуют пшеничные, ржанные, рисовые, кукурузные, картофельные, капустные и прочие поля. Лишь некоторые полевые агроценозы, занятые озимыми культурами, существуют в течение 11–13 месяцев.

Особенностью агробиоценозов является также и то, что они состоят из однолетних или многолетних растений, но выращиваемых только в течение одного периода вегетации. Например, томаты, лук, картофель — это многолетние растения, а капуста, брюква, морковь — двулетние, но все они выращиваются как однолетние культуры. При этом выращиваемые однолетние культуры забирают из почвы очень много минеральных веществ, большая часть которых не возвращается в почву, так как изымается с урожаем. Например, в высокоурожайных агроэкосистемах из почвы обычно выносятся 50–60 % органического вещества и 50–80 % азота от их количества, аккумулируемого в продукции. Отсутствие компенсации изъятых веществ приводит к серьёзным последствиям в общей системе круговорота веществ в агроэкосистеме.

Если естественные экосистемы являются саморегулируемыми системами, то агроэкосистемы управляются человеком. С позиций экологии все агроэкосистемы (поля, огороды, сады, культурные пастбища) специально поддерживаются человеком на начальных стадиях формирования биогеноценоза, поскольку молодая (пионерная) стадия сукцессии даёт наибольшую растительную и чистую продукцию (именно на ранней стадии выращивания культуры с помощью агротехники все конкурентные виды уничтожаются как сорные, а пищевые цепи на этапе вредителей разрушаются). В результате создаются агроэкосистемы, не способные к самовозобновлению, саморегулированию и крайне неустойчивые. Они постоянно находятся под угрозой гибели от массовых вспышек болезней, вредителей, переувлажнения или засухи. А удаление естественной растительности и микрофлоры в почве минеральными средствами, распашка почв активизируют процессы её эрозии.

Таким образом, агробиоценозы представляют собой искусственно поддерживаемые неустойчивые группировки, в которых регуляция взаимосвязей компонентов экосистемы производится человеком. Человек по своему усмотрению меняет состав компонентов, местоположение сообщества (часто в системе севооборота), искусственно поддерживает высокую плотность тех растений, которые он вводит в культуру. Применяя различные методы, человек уничтожает ряд видов, вредных для растений, и, наоборот, стремится увели-

чить ту часть животного населения, которая помогает получению полноценных посевов и посадок. В итоге структура агробиоценоза очень упрощена и неустойчива по сравнению с природными биогеоценозами.



Агробиоценозы — это упрощённые и неустойчивые экосистемы, не способные существовать без поддержки человека.

1. Какие биогеоценозы называю агроэкосистемами?
2. Докажите, что естественные биогеоценозы более конкурентоспособны, чем культурные биогеоценозы.
3. В умеренной зоне человек может вырастить дуг. Почему же невозможно вырастить степь, тропическую саванну?
4. Русский поэт А.В. Кольцов (1809–1842) в стихотворениях «Песня пахаря» и «Песня земле» очень образно, с большой любовью к земле характеризует некоторые особенности агробиоценозов и полевых работ середины XIX века. Расскажите, какие чувства у вас, людей XXI века, вызывают полевые работы 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.
<....>

Весело я лажу
Борону и соху,
Телегу готовлю,
Зёрна насыпаю
В колыбель святую.

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

Лабораторная работа № 6 «Оценка экологического состояния территории, прилегающей к школе» (см. Приложение).

§ 47

Сохранение разнообразия биогеоценозов

Вспомните, чем характеризуются:

- водные экосистемы;
- биогеоценозы суши;
- агробиоценозы.

Антропогенное влияние. Как уже отмечалось, биогеоценозы — это основные структурные компоненты биосферы. Их разнообразие и распространён-

ность по земной поверхности имеют большое значение для человека, поскольку из них он получает продукты питания, вещества для лечения, материалы для изготовления одежды и постройки жилья, использует их в промышленном производстве.



Удовлетворяя свои потребности, человек постоянно прямо или косвенно и с различными целями использует природные ресурсы биогеоценозов.

Человек издавна оказывал влияние на природу, воздействуя как на отдельные виды растений и животных, так и на биогеоценозы в целом. Преобразование человеком ландшафтов в города и иные поселения, создание сельскохозяйственных угодий и промышленных комплексов охватило уже более 20 % территории суши. Сильное загрязнение вод Мирового океана нефтью и другими веществами, активное изъятие большого количества различных водных животных (всевозможная рыба, креветки, криль, крабы, кальмары, осьминоги, голотурии, моллюски, киты, моржи, тюлени, черепахи, губки и др.) и водорослей привело к опасному сокращению численности видов в отдельных водных экосистемах, к изменению их структуры. Такое существенное изменение состава и структуры водных экосистем ведёт к потере их устойчивости, деградации и нарушению структуры биосферы.

Влияние человеческой деятельности чрезвычайно разнообразно и прослеживается во всех биогеоценозах, имеющихсся на Земле.

Кризисное состояние большинства из них связано со многими формами антропогенного воздействия: истреблением популяций и видов живых организмов, разрушением биотопов, уничтожением биогеоценозов или заменой одного другим.

Известны многочисленные факты массовых «нашествий» различных видов животных и растений чужеземного происхождения, завезённых человеком в несвойственные им биогеоценозы. В большинстве случаев такие виды на своей родине массово не размножаются, но в новых районах, в отсутствии факторов, сдерживающих их рост и развитие, численность их возрастает до огромных масштабов. Кроме того, появление новых видов в сообществе вызывает сдвиги в местной природе, аборигенные сообщества изменяются, соотношение численности их популяций катастрофически нарушается, что нередко приводит к упрощению структуры биогеоценоза, потере его устойчивости и даже к 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. д. Химическая обработка, проводимая в целях борьбы с вредителями и сорными растениями, сопровождается гибелью многих других видов биогеоценоза, в том числе и полезных. Всё это разрушает биогеоценозы и усугубляет неустойчивость биосферы.

Масштабы такого влияния уже огромны, но они продолжают нарастать. Поэтому в последнее время всё чаще звучат призывы уделять особое внимание охране биogeоценозов, организации рационального природопользования, поддержанию биологического разнообразия, отменить использование химических средств защиты, особенно в лесных и парковых биogeоценозах. Одновременно с этим подчёркивается необходимость знаний о закономерностях существования биogeоценозов, механизмах их устойчивости и роли в поддержании устойчивости всей биосферы.

Пути сохранения биogeоценотического покрова. В едином биogeоценотическом покрове Земли особенно важными являются леса. Леса — основные участники круговорота веществ на суше. Сохранение леса ведёт к поддержанию устойчивости процессов жизни в биосфере.

Суммарные запасы растительной массы (фитомассы) в лесах составляют 82 % от всей фитомассы Земли, а 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 многочисленным видам растений, животных, бактерий, грибов и лишайников.

Бережное отношение к лесной растительности, сохранение биологического разнообразия в составе леса, создание искусственных лесопосадок, осуществляемое человеком в разных местах земного шара, — необходимые условия, которые обеспечат сохранение и восстановление высокопродуктивных лесных биogeоценозов, регулирующих многие природные процессы на обширных территориях биосферы. Однако уничтожение леса во многих странах всё ещё намного опережает работы по его восстановлению.

Большая работа ведётся и в агробиоценозах с целью повышения их продуктивности и устойчивости к воздействию факторов среды. Она проявляется в подборе стойких к повреждениям видов и сортов растений, применении агротехнически соответствующей обработки почвы, внесении комплексных удобрений, борьбе за сохранение влаги в почве, обогащении культурных биogeоценозов полезными видами насекомых и других животных. Заботливое отношение к агробиоценозам позволяет направить их продукцию на службу человеку и сохранить плодородие почвы на данной территории. Организация высокопродуктивного сельского хозяйства может сократить бесхозную распахку целинных земель — лесов, лугов, степей, особенно типичных зональных, уникальных и древних — реликтовых (от лат. *relictum* — «остаток») биogeоценозов.

В настоящее время люди всё больше внимания стали уделять вопросам восстановления и создания новых биogeоценозов на разрушенных землях. В связи с этим внимание учёных направлено на *рекультивацию*, то есть искусственное создание особых экосистем на антропогенно нарушенных территориях, в том числе при вторичном освоении земель, вышедших из промышленного использования.

Рекультивация (от лат. *re* — приставка, выражающая возобновление, обратное действие и *cultivo* — «возделывание») — это направленное конструирование сообществ с заданными свойствами, устойчиво функционирующих в жёстких условиях антропогенной среды. Она является важным направлением восстановления ценности нарушенных биогеоценозов. Например, выбросы пустой породы (терриконы) вокруг горнодобывающих предприятий, золоотвалы, образующиеся после сжигания каменного угля, карьеры и котлованы, лишённые почвенного покрова, свалки и стоки бытовых и производственных отходов, занимающие огромные площади, — это всё территории, малопригодные для поселения растений и животных. Благодаря специальным исследованиям, были разработаны перспективные методы создания искусственных биогеоценозов на таких субстратах промышленного производства по типу рекультивации.

Выбросы шахтных пород часто 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 от угледобычи, хорошо изученное на Урале, в области Курской магнитной аномалии и некоторых других местах, начинают с поселения бактерий, водорослей, актиномицетов, грибов, а затем, по мере накопления гумуса, 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 трёх-четырёх лет на отвалах создают дернину мощностью 7–10 см, которая обеспечивает возможность проводить жизнеспособные посадки кустарниковых и некоторых древесных пород. Животное население по мере развития растительности самостоятельно и стихийно расселяется на этих территориях. Искусственное зарастание земель, лишённых почвенного покрова, — важный этап в создании многовидового устойчивого биогеоценоза.

Формы охраны природы. Охрана биогеоценозов включает в себя применение различных приемов и способов сохранения их биотопов, видового разнообразия и поддержания устойчивости экосистемы путём нейтрализации антропогенных влияний. Наиболее распространёнными формами охраны биогеоценозов являются заповедники, заказники, национальные парки и памятники природы.

Заповедник — участок территории или акватории, где для сохранения всего природного комплекса биогеоценозов и биологического разнообразия популяций и видов полностью исключаются все производственные формы хо-

зяйственной деятельности. В отличие от заповедника, в *заказнике* запрещается использование определённых 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, где исторически деятельность человека пребывает в гармонии с природой. Она доступна для посещения людей — любителей природы.

Памятники природы — уникальные или типичные, ценные в научном, культурно-познавательном или эстетическом отношении природные объекты, охраняемые государством: рощи, озёра, водопады, старинные парки, реликтовые сообщества, отдельные деревья, валуны, реликтовые виды (например, *гинкго двулопастное*, *тюльпанное дерево*, *гроздовник*, *ужовник*, *лотос*, *пеликан розовый*, *байкальский тюлень*) и т. п. (рис. 90).

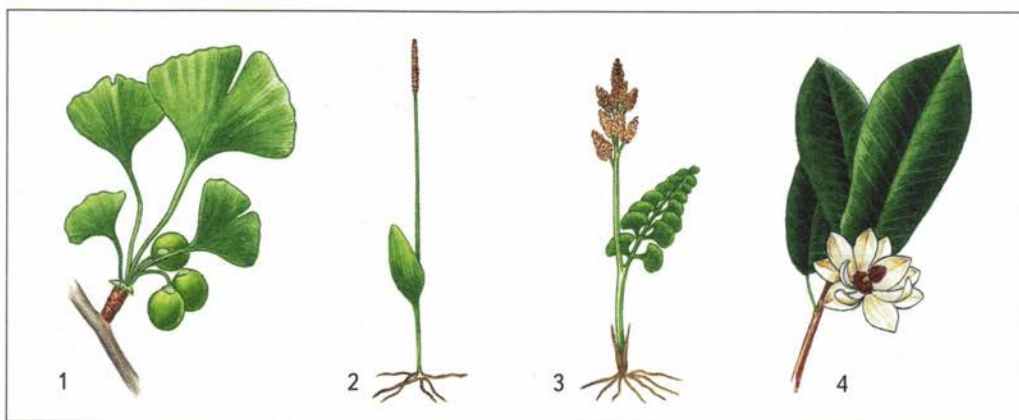


Рис. 90. Реликтовые растения: 1 — гинкго; 2 — ужовник; 3 — гроздовник; 4 — магнолия

Охрана и восстановление биogeоценозов, осуществляемые в настоящее время человеком, направлены на сохранение природы, поддержание биологического и структурного разнообразия биосферы и совершенствование окружающей человека природной среды.

1. Поясните, почему необходимо сохранять разнообразие биogeоценозов в биосфере.
2. В чём принципиальное различие между сохранением и восстановлением биogeоценозов?
3. Назовите известные в вашей местности заповедники, заказники или памятники природы. В каких из них вам удалось побывать?

Вспомните:

- виды животных, исчезнувшие по вине человека;
- причины исчезновения растений и животных;
- зачем созданы Красные книги.

Начало освоения природы людьми. История человечества начинается с первобытных времён. Весь период существования человечества, становление цивилизации и развитие культуры общества сопровождались процессом активного природопользования. Это началось примерно 1,5–2,5 млн лет назад, во времена существования древнейших людей, то есть первых видов рода Человек — Человека умелого (*Homo habilis*) и Человека прямоходящего (*Homo erectus*).



От самых первых ступеней развития человечества до вершин современной цивилизации отношение к природе является мерой культурного уровня общества.

Изготовление каменных орудий древнейшими людьми стало не только началом эпохи материальной культуры человечества, но и началом грандиозных изменений в природе, производимых силами человека на всей поверхности земного шара. Учёные полагают, что уже около 15 тыс. лет тому назад человек полностью заселил ойкумену — весь современный ареал своего обитания на Земле. С этих времён человек начал осваивать природные ресурсы всех географических зон на разных материках.

Первое воздействие людей на природу было связано лишь с добычей (сбором) пищи и расселением по земной поверхности. Но, научившись пользоваться огнём, люди стали применять его не только для обогрева, но и во время загонной охоты на зверя, для выжигания леса, расчистки площадок для жилищ или посевов.

Неумелое пользование огнём часто приводило к большим опустошительным пожарам. Многие считают, что выжигание человеком тропических лесов в Африке способствовало увеличению площади саванн и привело к замене первичных тропических лесов в Индии вторичными — джунглями.

Значительным фактором влияния людей на природу служила охота. Особенно сильно повлияла коллективная охота на численность видов крупных животных. С одной стороны, она явилась значительным и перспективным открытием для человека. Планирование загонной охоты и осуществление охоты способствовало усложнению социальных отношений, развитию человеческой речи и разума, активности мыслительной деятельности. Вместе

с тем всё более ухищрённые способы коллективной охоты и увеличение численности человеческого населения привели к гибели большого числа животных в разных регионах планеты. Полагают, что к 1600 году по вине человека исчезло не менее 150 видов крупных позвоночных животных (см. рис. 4).

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

Начало культурного освоения природы. Около 10 тыс. лет назад впервые в истории человечества возникло производящее хозяйство — земледелие и скотоводство. Земледелие повлекло за собой переход людей к оседлому образу жизни. Возникли крупные поселения (до 5–6 тыс. человек). Такие скопления людей в отдельных центрах — «очагах» — оказывали весьма негативное воздействие на природу. Последствия его таковы: увеличение площадей, распаханых под посевы; изменение русла рек и подземных водотоков для оросительных систем и снабжения селян питьевой водой; вырубка лесов под пашни, на постройку домов и для обогрева; пастьба скота на равнинах и склонах холмов и гор. Интенсивная, но неумелая хозяйственная деятельность вызывала смывы почв или их засоление, деградацию и опустынивание плодородных слоёв почвы. Всё это приводило к нарушению хрупкого равновесия между человеческим обществом и природой и сопровождалось гибелью многих природных биогеоценозов, заменой их на агробиоценозы (рис. 91).

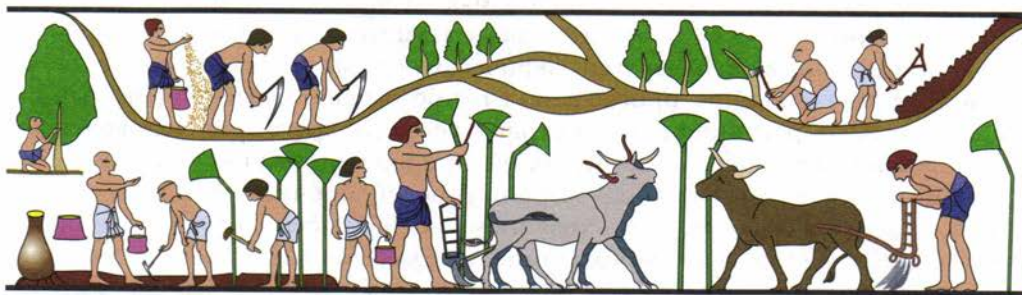


Рис. 91. Превращение девственного ландшафта долины Нила, поросшей деревьями и кустарниками, в пахотные угодья. Копия росписи на стене храма Древнего Египта

Если коллективная охота обусловила гибель многих крупных животных, то развитие земледелия, животноводства и оседлость населения привели к существенным изменениям во всём комплексе условий окружающей среды, особенно в местах древних цивилизаций.

Переход от охоты и собирательства к земледелию и скотоводству вследствие их огромной значимости для жизни человека и общества часто называ-

ют *сельскохозяйственной революцией*. Сельскохозяйственная революция считается наиболее важным событием в истории овладения человеком окружающей средой.

Начало научного освоения природы. Следует заметить, что античная цивилизация дала миру целый ряд крупных философов-мыслителей, заложивших основы наук о природе. Интерес к природе диктовался нуждами земледелия, мореплавания, медицины и других областей культуры. В учениях философов античного мира человек выделялся из природы, противопоставлялся ей и ставился в центр мироздания. Так, на смену обожествлению природы, присущему первобытным людям, античная цивилизация привнесла в общество идею антропоцентризма. Природа рассматривалась лишь как основа материальной деятельности человека, его мастерская. Критерием ценностей стало служить утверждение: «Человек есть мера всех вещей».

Однако уже некоторые философы Древнего мира высказывали недовольство достижениями цивилизации и избыточностью потребностей человека. Например, древнегреческий философ Диоген Синопский (ок. 400 – ок. 325 гг. 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».

Эпоху Античного мира от Новой истории отделяет тысячелетний период. Господствовавший в это время низкий технический уровень ведения земледелия, особенно применение подсечно-огневого способа расчистки земель под посевы, привёл к значительному сокращению лесов, уничтожению растений, животных и изменению общего облика поверхности Земли.

Эпоха Возрождения положила начало новому этапу в истории человечества. Это было время Великих географических открытий, зарождения современного естествознания, просвещения и промышленности. Мореплавание способствовало расширению пространственного кругозора человечества и накоплению разнообразных сведений о природе иноземных стран. Возросла деловая активность, в мировоззрении людей прочно утвердилась идея о том, что человек может стать хозяином своей судьбы, а разумным трудом можно взять у природы всё необходимое ему для жизни. С освоением залежей различных полезных ископаемых (каменного угля, горючих сланцев, нефти) начинается бурное развитие промышленности. Создание парового двигателя привело к появлению механизированного транспорта, различных машин.

Промышленное освоение природы. В XVIII–XIX веках 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 её истощению. Пример тому — известные с детства хрестоматийные строки Н.А. Некрасова из его стихотворения «Дедушка Мазай и зайцы», написанного в 1870 году:

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

Неизмеримым по мощи и скорости нарастания влияния человека на природу в целях повышения комфортности своего существования стал XX век. В науке, особенно в области естествознания, были сделаны небывалые прорывы: открытие новых видов энергии (атомная энергия), создание новых химических органических соединений (нейлон, капрон, полиэтилен, ядохимикаты и др.), выход человека 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 переделку её свойств для нужд человека. Этот новый уровень цивилизации, получивший наибольшее развитие во второй половине XX века, назвали *научно-технической революцией* (НТР).

Осознание человеком своей роли в природе. Однако успехи покорения 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, всего человечества и для биосферы в целом.

В ответ на возникшую под влиянием антропогенного действия угрозу существованию жизни на Земле общество выработало новый взгляд на взаимоотношения природы и человека, выдвинуло требование разумного подхода к использованию возможностей природы с обязательным учётом её вековых связей и взаимодействий. Люди осознали важность и ценность биологического разнообразия, разнообразия биogeоценозов (экосистем) и закономерностей их существования в биосфере. Возникла острая необходимость не только в изучении взаимного влияния природы и общества для обеспечения 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 биогеоценозов?
2. Какой из этапов природопользования в наибольшей степени изменил свойства биосферы?
3. Подумайте и выскажите своё мнение по следующим вопросам:
 - Почему человек активно воздействует на природу?
 - Как можно остановить губительное влияние человека на природу?
 - Что вы сами можете сделать для сохранения живой природы и окружающей среды?

§ 49

Экологические законы природопользования

Вспомните:

- этапы антропогенного воздействия на биосферу;
- цели природопользования на разных этапах развития общества;
- роль науки биологии в формировании нового отношения человека к природе.

Биогеоценозы как источник благополучия людей. Удовлетворение человеческих потребностей невозможно 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 в целях производства материальных благ для своего существования. Такое противоречивое положение, в котором оказывается человек по отношению к природе, мешает его правильному поведению в биосфере, правильному 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 естественные и искусственные биогеоценозы.

Одной из причин кризиса, сложившегося в отношениях человеческого общества с природой, является укоренившееся в сознании людей потребительское отношение к природным богатствам. Человек с давних времён привык постоянно брать из природы всё, 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 поддержания устойчивости восстанавливала структуру и равновесие биогеоценозов. 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 обернулось, подобно бумерангу, угрозой существованию человечества и всего живого на Земле.

Особенно губительным оказалось воздействие человека на растительность. Вся история человечества — это история его воздействия на леса. Ныне леса по всему миру оказались под угрозой исчезновения в результате их неконтролируемого использования человеком по разным назначениям.

К началу XX века резко возросло освоение степных биогеоценозов. В настоящее время пахотные земли в степной зоне занимают более 70 % территории, остальные 30 % заняты под пастбищное скотоводство, постройку городов и промышленных предприятий. Естественных коренных экосистем фактически нет. Распаханность степей вызывает 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 в любых природных зонах на территории всей планеты.

В этих условиях сохранение живого покрова Земли стало насущной задачей человечества. В разных местах земного шара были созданы природные заповедники, научные заказники, национальные парки, памятники природы и другие охраняемые объекты и природные территории. В нашей стране в 90-х годах XX века насчитывалось 75 заповедников (1,25 % территории России), более 1,5 тыс. заказников (3 % территории), несколько тысяч памятников природы и 22 национальных парка (рис. 92).



Рис. 92. Заказник по охране лотоса (Хабаровский край)

Однако 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 даёт наука экология, которая исследует зависимость существования живых систем от изменяющихся условий окружающей среды, определяет реальные пути и способы рационального природопользования.



Экология как область знаний о взаимосвязях и зависимостях в природе показала конкретные пути выхода из сложившегося кризисного состояния.

Экологические законы природопользования. Пути рационального природопользования наметил известный американский эколог Барри Коммонер в книге «Замыкающийся круг», вышедшей в русском переводе в 1974 году. Он выделил четыре исходных принципа, позволяющие установить гармоничные взаимоотношения человека и общества с природой, обеспечить устойчивое существование биосферы и сохранить биосферу. Четыре важных положения, сформулированные Б. Коммонером, получили в настоящее время название «Законы экологии». Назовём их.

1. *Всё связано со всем.* В природных экосистемах всё взаимосвязано. Природные экосистемы находятся в состоянии экологического равновесия. Вред, наносимый одному компоненту экосистемы, может привести к нарушению в функционировании всей экосистемы. Поэтому человек обязан предвидеть все возможные последствия своего вмешательства в природу.

2. *Всё должно куда-то деваться.* В природных экосистемах нет ненужных отходов, так как население биосферы в процессе биологического круговорота способно освоить всю образующуюся биомассу без нарушения экологического равновесия в экосистеме. Безотходных технологий в производстве не бывает, поэтому человеку нужно думать о надёжных методах захоронения отходов или их вторичном использовании.

3. *За всё надо платить.* Человек не может безвозмездно расходовать природные ресурсы, загрязнять окружающую среду. Изъятые из природы должны быть возвращены в неё. Поэтому общество должно нести определённые 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, какое она смогла бы сама восстановить за счёт своих механизмов устойчивости. Человек, не знающий законов жизнедеятельности природы, улучшая или переделывая её, нарушает весь ход исторически сложившихся естественных процессов.

Все четыре закона тесно связаны между собой как единый комплекс законов, как «замыкающийся круг». Выполнение всех их всем человечеством без исключения позволит предотвратить негативные изменения окружающей среды.



Будущее человечества зависит от того, какой станет окружающая среда, но и её состояние в полной мере зависит от самого человека, его понимания экологических взаимосвязей в природе и бережного, разумного природопользования и в быту, и на производстве.

1. Какой вред биосфере наносит истребление биогеоценозов?
2. Почему животноводство, важное для жизнедеятельности человека, рассматривается как негативный фактор его воздействия на естественные биогеоценозы?
3. Поясните, с какими положениями, взятыми за основу современного природопользования, созвучны слова, высказанные немецким поэтом, философом и учёным Иоганном Вольфгангом Гёте в 1783 году: «Природа... всегда права; ошибки же и заблуждения исходят от людей»; «Мы постоянно на неё воздействуем, но власти над ней не имеем».

Проверьте себя.

Что вы узнали из материала главы 8

«Многообразие биогеоценозов и их значение»?

Тренируемся

1. Какие условия оказывают наибольшее влияние на организмы в водных экосистемах?
2. Чем обусловлены особенности обитания организмов в наземных биогеоценозах?
3. Какие экосистемы называют агробиогенотозами?
4. Почему агробиогенотозы считаются неустойчивыми экосистемами?
5. В чём заключается основное значение биогеоценозов для природы и человека?
6. Что означает понятие «рациональное использование экосистем»?
7. Назовите основные экологические законы природопользования.
8. Почему необходимо сохранение экосистемного разнообразия?

Подумайте и выскажите своё мнение

В книге «Замыкающийся круг» Б. Коммонер формулирует четыре закона экологии. О каком уровне организации живой материи идёт речь в этих законах? Дополните ваши суждения конкретными примерами.

Проведите наблюдение и установите

Пройдите по фруктовому-овощному магазину (или отделу на рынке). Составьте перечень видов культурных растений, предлагаемых населению в вашем регионе. Постарайтесь установить, сколько сортов той или иной культуры представлено. Какие овощи и фрукты выращены в вашем регионе? Определите родину двух-трёх культурных растений, привлёкших ваше внимание на витринах магазина (на рынке).

Обсудите проблему

Почему человечество озабочено гибелью естественных экосистем, если основное питание оно получает от искусственных экосистем?

Моя позиция

Биогеоценозы — это живая природа, и к ним надо относиться как к живой системе. Вмешательство в эту систему без знания законов её формирования, взаимосвязей и жизнедеятельности может навредить ей. Нельзя покорять природу, надо быть с ней в гармонии.

Узнайте больше

• Интересно отметить, что благодаря исследованиям, проведённым отечественными гидробиологами в 70-х годах XX столетия, были выявлены основные закономерности жизнедеятельности планктонного населения самого поверхностного слоя воды мощностью до 5 см. Учёные установили, что, благодаря микроскопическим размерам живых существ, абсолютно преобладающих в биомассе океана, общая поверхность активного взаимодействия между отдельными живыми частицами и водой превышает суммарную площадь всех остальных поверхностей раздела, включая и наиболее важную, такую как поверхность раздела Мирового океана с атмосферой.

• Прочитайте книгу Н.И. Вавилова «Пять континентов» (М.: Мысль, 1987), из которой узнаете впечатления автора от путешествий за полезными растениями по основным сельскохозяйственным районам нашей планеты.

Темы самостоятельных исследований

1. История и биология охраняемого вида растений в нашем регионе.
2. История и биология охраняемого вида животных в нашем регионе.
3. Яблоня (виноград, капуста, томат) в природе и в жизни людей.
4. Новые домашние животные, их биология и поведение.

Темы рефератов

1. Охрана естественных экосистем в законодательстве России.
2. География и история заповедника в регионе.
3. Заповедное дело в истории России.
4. Крупнейшие заповедники мира (охраняемые экосистемы), их география и значение.

Основные понятия

Агрозкосистема, агробиоценоз, агроценоз, заповедник, заказник, памятник природы, экология, экологические законы, рациональное природопользование.

Популяционно-видовой уровень жизни

Изучив материал раздела IV, 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 — Человека разумного;
- основные свойства и значение популяционно-видового уровня организации живой материи.

Вы сможете:

- объяснять причины эволюции видов и человека, единства человеческих рас;
- устанавливать движущие силы эволюции, её пути и направления;
- описывать виды по морфологическому критерию;
- выявлять ароморфозы и идиоадаптации у растений и животных;
- сравнивать формы естественного отбора, способы видообразования;
- использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни.

Глава 9

Вид и видообразование

§ 50

Вид, его критерии и структура

Вспомните:

- значение видов в системе живого мира;
- как именуют виды;
- состав видов.

Критерии вида. В природе существует огромное количество видов живых существ. Они населяют почвенную, наземно-воздушную, водную среды и живут в телах многих организмов. Любой биогеоценоз имеет в своём составе множество различных 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 два миллиона видов живых существ, из них более 1,5 млн видов животных, свыше 300 тыс. видов растений, 40 тыс. видов грибов и более 3 тыс. видов бактерий и цианобактерий. Некоторые учёные считают, что на Земле, вероятно, существует сейчас не менее 4,5 млн видов.



Виды являются 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 их организмов, приспособительный характер многих признаков и огромное разнообразие форм.

Для характеристики свойств вида часто используют определённые признаки как критерии, позволяющие отделить один вид от другого, даже от близкородственного вида. Назовём основные критерии вида: *морфологический*, *физиолого-биохимический*, *географический*, *экологический* и *репродуктивный (генетический)*. Рассмотрим эти признаки на примере сравнения двух видов зайцев — беляка и русака семейства зайцевых из млекопитающих (рис. 93).

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

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

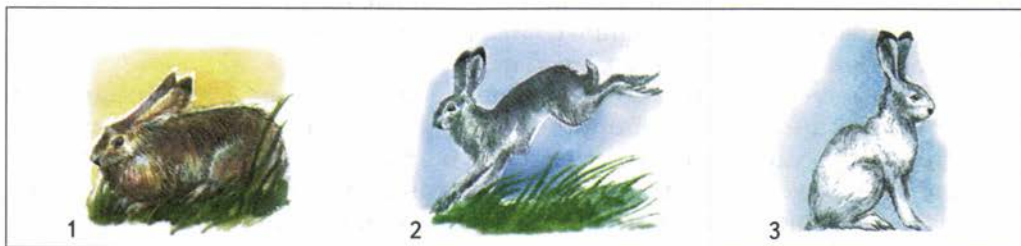


Рис. 93. Зайцы: 1 — русак; 2 — беляк летом; 3 — беляк зимой

Географический критерий свидетельствует о том, что каждый вид обладает своим ареалом (от лат. *area* — «площадь», «пространство»). Беляк предпочитает холодно-умеренные зоны, а русак — тёплые 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 кочёвки и резкие колебания численности. Два раза в год самка беляка рождает детёнышей, а русак может давать три-четыре потомства в год. Русак — животное открытых местобитаний, часто посещает поля и огороды. Из-за сокращения лесов русак 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 от притока чужеродных генов. Это достигается главным образом особенностями генотипа (набора хромосом, их количества и строения, набора генов в ДНК) у особей каждого вида. В итоге скрещивание особей с разными генотипами не даёт 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 гибрид беляка с русаком — заяц-тумак. Однако заяц-тумак всегда бесплоден.

Обычно виды хорошо различаются между собой даже по внешнему облику, но основным признаком их различия всё же считается *нескрещиваемость* с особями других видов. Например, *берёза повислая* и *берёза пушистая*, внешне очень похожие друг на друга, сохраняют свои особые видовые качества независимо от того, растут ли они вместе в одном и том же лесу или же в разных местах. Также достаточно похожи между собой виды синиц, например синица московка и большая синица (рис. 94). Обладая *репродуктивной изоляцией*, каждый из видов сохраняет свои уникальные генетические свойства.

Представление о виде. Знание о виде как о качественном и основном этапе эволюционного процесса возникло не сразу.

Впервые термин «вид» был применён 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 ввёл английский ботаник Джон Рей (1686). Он же ввёл 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 определе-

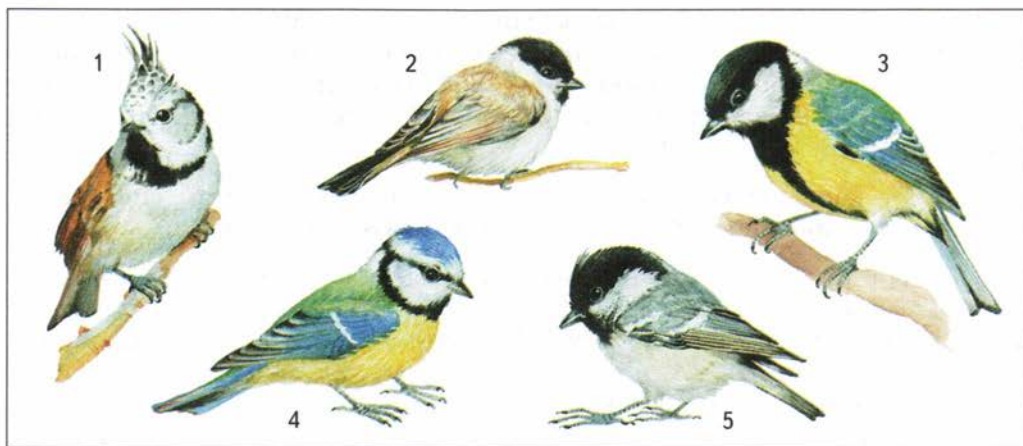
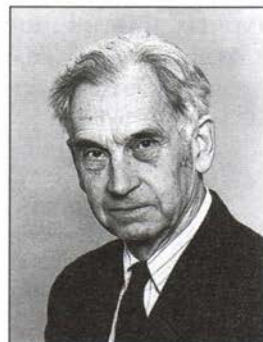


Рис. 94. Синицы: 1 — хохлатая синица; 2 — гаичка; 3 — большая синица; 4 — лазоревка; 5 — московка

нии вида Линней придерживался морфологической концепции, считая главными критериями морфологический и репродуктивный. Ж.-Б. Ламарк, рассуждая об изменяемости 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 определил механизмы образования видов. П.П. Семёнов-Тян-Шанский (1910) сформулировал концепцию «политипического вида», согласно которой вид представляется как система, непрерывно развивающаяся путём внутренней дифференциации на группировки, названные им термином «племя». Н.И. Вавилов (1931) отмечал, что внутривидовое разнообразие определяется не только «степенью исторического становления» вида, но также и разнородностью условий среды, что проявляется в адаптивности (приспособленности) вида к среде обитания.

Современное представление о виде. В начале 60-х годов XX века американский учёный-эволюционист Эрнст Майр предложил *биологическую концепцию вида*, согласно которой виды определяются не различием свойств, а *обособленностью*, состоят не из особей, а из *популяций*, и главной особенностью вида является его репродуктивная изолированность от других видов. Его высказывания укрепили взгляд на вид как на *политипическую* (от греч. *polys* — «многочисленный», «обширный» и *typus* —



Эрнст Майр (1904–2005), американский зоолог, один из основоположников биологической концепции вида

«тип») *систему*, состоящую из различных внутривидовых структурных подразделений — *популяций*. Термин *политипический вид* в настоящее время признан в эволюционной теории всеми учёными, а учение об эволюции раскрывается на основе *популяционной концепции* (от лат. *conserptus* — «понятие»).



Вид — это совокупность групп особей — популяций, способных к скрещиванию с образованием плодового потомства.

Любой вид — это реально существующая, генетически неделимая, политипическая (многопопуляционная) единица живого мира. Вместе с тем вид — это целостная живая система (биосистема), состоящая из различных популяций, объединённых общим генофондом, обеспечивающим 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 плодородное потомство, населяющих определённую территорию (ареал), обладающих рядом общих признаков 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 подчёркивается, 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 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?

Лабораторная работа № 7 «Характеристики вида» (см. Приложение).

Вспомните:

- основной критерий вида;
- что означает понятие «ареал вида»;
- структурные единицы вида.

Популяция — внутривидовая группировка особей. Популяция — это наименьшее подразделение вида, форма существования вида. В популяциях проявляются все основные свойства вида как в части целого.

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

Термин «популяция» был введён в 1903 году датским генетиком В.-Л. Йогансеном для обозначения «естественной смеси особей одного вида, неоднородной в генетическом отношении». Позднее этот термин приобрёл экологическое значение и им стали обозначать население вида, занимающее определённую территорию. В настоящее время термин «популяция» используется, когда говорят о конкретной внутривидовой группировке, населяющей определённый биогеоценоз. Обычно её определяют как «группировку особей одного вида, населяющих конкретную территорию и характеризующихся общностью морфобиологического типа, специфичностью генофонда и системой устойчивых функциональных взаимосвязей со средой». В то же время популяцию часто называют живой системой (биосистемой), реализующей вид в различных природных условиях ареала вида.

Состав популяции. В состав популяции входят особи, различающиеся между собой по полу (мужские и женские), по возрасту (зачатки, новорождённые, молодые, взрослые и старые) и по взаимодействию с окружающей средой. На определённой территории всё разнообразие таких особей в популяции образует группировки особого состава и с особыми функциями. В совокупности же все они представляют собой некое единое целое, поскольку связаны между собой сложной системой взаимодействий и взаимозависимостей. Такое объединение взаимодействующих особей на определённой территории позволяет рассматривать популяцию как особую живую систему — биосистему со свойствами *группового* или *надорганизменного* характера.

Популяции состоят из особей. Особь — это отдельный организм или живое существо, индивид (от лат. *individuum* — «неделимое»). Особь является дискретной и неделимой единицей жизни, происходящей от одной зиготы (при половом размножении) или одной споры, почки (при вегетативном размножении). Самым существенным признаком в характеристике особи является строгая взаимозависимость и соподчинённость всех её отдельных органов

(частей), обуславливающих функционирование особи как целостной биосистемы организменного уровня.

Однако биосистема «популяция» качественно отлична от биосистем организменного уровня. В её строении не вычлениаются какие-либо органы с особым строением и функциями, как у организма. Она представляется как особая *надорганизменная* биологическая система, характеризующаяся специфическими *групповыми свойствами*, такими как рождаемость, смертность, численность, плотность, состав, структура и типы взаимоотношений. Свойства популяции определяются не интеграцией функций отдельных особей, составляющих популяцию, а качественно иным путём: пространственным структурированием популяции, взаимоотношением особей и их групп между собой, функционированием популяции как единого целого в использовании ресурсов среды.

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

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 каких-то определённых расстояниях друг от друга. Такие *индивидуальные территории*, или *участки*, (жизненное пространство) свойственны фактически всем видам. У животных такими приспособлениями 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, то есть *плотность* населения популяции и в итоге — её состояние на занимаемой территории.

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

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



Распределение особей в пространстве имеет важное значение в существовании популяции, так как является основой всех типов её нормального функционирования.

Распределение особей в пространстве обеспечивает, с одной стороны, наиболее эффективное использование ресурсов среды (пищевых, защитных и др.) и на этой основе повышает вероятность устойчивого существования, а с другой — служит основой поддержания необходимого уровня внутривидовых контактов между особями.

Однако особи, входящие в состав популяции, при всём сходстве морфобиологических видовых свойств качественно различны по своим индивидуальным функциям в популяции. Так, у многих видов животных самец отличается от самки не только по генетическому вкладу в потомство и характеру заботы о нём, но и по рациону питания, срокам активности жизни, продолжительности жизни, способам добычи пищи, способам укрытия от врагов и от неблагоприятных погодных условий. Например, у многих видов насекомых взрослые животные и их личинки оказываются в разных экологических нишах (бабочка питается нектаром растений, а её гусеница — поедает листья) и, следовательно, оказывают неодинаковое влияние на окружающую среду. Всё это говорит о том, что популяция структурирована не только *пространственно*, но и *функционально*.

Многообразие популяций у вида. В пределах одного и того же вида может насчитываться от одной до многих тысяч популяций. Количество популяций у видов различно. Обычно большое количество популяций имеют те виды, ареал которых имеет большую протяжённость в пределах биогеоэкологически разнородного ландшафта. От разнообразия природных условий в ареале вида зависит множественность его популяций. С помощью различных популяций вид, размещаясь в разных биотопах, полнее, эффективнее использует условия среды обитания и её ресурсы на территории своего ареала.



Вид, в структуре которого наблюдаются различные популяции, называют политипичным (многотипным) видом.

Популяции каждого вида могут различаться между собой по величине занятой территории в пределах видового ареала, освоению ресурсов, а также по величине генетического сходства. Разнообразие популяций у одного и того же вида позволяет подчеркнуть приспособительные возможности свойств каждого вида, охарактеризовать его структуру, связи и отношения, его роль

в природе, поскольку каждая популяция проявляет себя как особая форма существования вида в биогеоценозе.

Таким образом, популяция как любая система имеет определённую структуру. Её структурными элементами являются особи и группы особей (семья, стадо, колония). Структура популяции всегда обусловлена спецификой вида, то есть его генетическими особенностями. Наряду с этим структура популяции характеризуется также определённым положением популяции в пространстве, во времени и функционированием (ролью) в природных сообществах.

1. Какое значение для вида имеет его популяционная форма существования?
2. Почему некоторые виды называют политипичными?
3. Что служит структурными единицами популяции?
4. Дополните фразу правильным утверждением:
 - Вид в природе существует в форме...
 - С помощью популяций вид в ареале лучше использует...
 - Множественность популяций у вида зависит от...

§ 52

Популяция — структурная единица вида

Вспомните:

- что является формой существования вида;
- каково значение популяций для вида;
- какие виды имеют много популяций.

Типы популяций. В пределах одного и того же вида может насчитываться от одной до многих тысяч 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. У видов, имеющих обширный ареал, обычно формируется множество различных популяций. Например, вид *обыкновенная белка* на территории нашей страны представлен 22 географическими популяциями. Каждая из них в своей массе отличается от других, особенно по окраске волосяного покрова.

Известный эколог, профессор Московского университета Николай Павлович Наумов в 1955 году в разнокачественном видовом населении выделил три типа популяций: географическую, экологическую и элементарную (рис. 95).

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

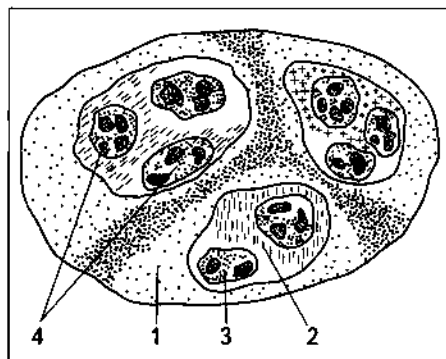


Рис. 95. Популяционная структура вида: 1 — ареал вида; 2 — географическая популяция; 3 — экологическая (местная) популяция; 4 — элементарная популяция

Географические популяции обычно разделены между собой какими-то физическими преградами (морями, реками, горами, городами, автострадами и пр.), создающими некоторую их изолированность. На этой основе формируется генетическая специфика каждой популяции. Однако полной изолированности нет, 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, преодолевают многие из этих географических барьеров. Характерно, что многие животные в период сезонных перелётов (птицы), миграций (рыбы, млекопитающие и др.) перемещаются между собой, но 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, чем отличаются от североамериканской географической популяции полярной крачки, маршрут перелётов которой идёт через Атлантику, затем вдоль западных берегов Африки, а далее — снова через Атлантический океан к мысу Горн и Огненной Земле.

В то же время географические популяции некоторых видов моллюсков, амфибий, червей, перемещающихся в пределах небольшой территории, ограничены лишь несколькими десятками квадратных метров.

В природе существуют географические популяции, созданные человеком путём переселения особей в новые для них места обитания. Например,

камчатский краб, переселённый в Баренцево море, хорошо прижился там, найдя новые объекты питания, сильно размножился. Севанская форель, завезённая в озеро Иссык-Куль, в течение двух десятков поколений изменила свою форму тела. Черноморская кефаль — очень жирная и медленно растущая рыба — после переселения в Каспийское море в течение нескольких поколений образовала быстрорастущую форму с уменьшенным количеством жира.

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

Экологическая популяция — это группа особей, обладающая свойством целостности, населяющая особый тип местообитания в биогеоценозе. Она характеризуется единством экологических реакций на внешнее воздействие. При обитании в особых условиях одного природного сообщества у особей экологической популяции развивается определённый, но единообразный тип физиологических реакций, биологических ритмов и образ жизни. Эти признаки объединяют особей каждой экологической популяции в единое целое и тем отличают её от других экологических популяций того же вида.

Экологические популяции обычно пространственно отграничены друг от друга, но слабо изолированы между собой, так что обмен генетической информацией между ними происходит довольно часто, хотя и непостоянно. Например, у обыкновенной полёвки в пределах единой географической популяции существенно различаются между собой пашенная и кустарниково-лесная экологические популяции. 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 (рис. 96).



Рис. 96. Обыкновенная полёвка

Пашенная группа зверьков живёт в условиях обильного летнего корма на территории с рыхлыми, хорошо прогреваемыми почвами, где легко находит запасы корма на зиму. Благоприятные условия летней жизни увеличивают её плодовитость (в помёте у самок часто бывает 9–12 детёнышей). К концу лета численность этой полёвки может увеличиться в 40–50 раз. Иная картина наблюдается с наступлением осени. Уборка урожая на полях, перепахивание земли вместе с гнёздами и запасами пищи приводят к резкому сокращению кормовой базы животных и заставля-

ют их мигрировать в другие места — в лес, в стога сена, к скирдам хлеба. При этом масса полёвок гибнет от хищников, от холода и других причин, сводя на нет летнее увеличение количества (численности) зверьков в популяции. Так что несмотря на высокую плодовитость особей пашенной популяции, численность её из года в год не меняется. Резкие сезонные колебания численности являются характерной чертой данной популяции.

Жизнь кустарниково-лесной популяции не подвержена резким колебаниям. Равномерное распределение кормов в течение года (не очень обильных летом, а на зиму делаются запасы) и трудная их доступность оберегают эту популяцию и от высокой плодовитости летом (в помёте у самок бывает не более 7–9 детёнышей), и от массовой гибели осенью и зимой. Как видим, различие двух экологических популяций обыкновенной полёвки определяется своеобразием условий их местообитания. Именно постоянное смешивание и последующие скрещивания особей обеих популяций в осеннее время удерживают эти популяции от генетического обособления.

Появление разных экологических популяций может произойти из-за несовпадения стадий развития или особенностей питания. Так, *ивовый листоед* в биогеоценозе часто представлен в виде ивовой и берёзовой (на берёзе пушистой) популяций. Каждая из них, питаясь особой пищей, приобрела своеобразные наборы пищеварительных ферментов. Эти физиологические отличия оказываются столь существенными, что фактически исключают переход популяций на другие растения. И хотя морфологические признаки ивовой и берёзовой популяций очень сходны, физиологические отличия позволяют разделить их на две экологические популяции.



Выявление свойств отдельных экологических популяций — важная задача изучения вида и определения его роли в биогеоценозах.

В любой экологической популяции можно наблюдать ряд отдельных, более мелких пространственных группировок, которые называют *элементарными популяциями* или *микрораспределениями* (рис. 97).

Элементарная популяция, или микрораспределение, — это небольшая группировка близкородственных особей вида в биогеоценозе. В состав её обычно входят генетически однородные (близкородственные) особи. Каждая микрораспределение по морфофизиологии и поведению специфична. Различия между микрораспределениями определяются их *генетическим своеобразием* и средой обитания. Поэтому элементарную популяцию некоторые генетики называют *демом*. Однако частое смешение особей из разных элементарных популяций, постоянно происходящее в природе, приводит к стиранию различий между ними.

Эти типы популяций чётко выражены не у всех видов. Однако каждому виду свойственна однонаправленность индивидуальных адаптаций особей, совместно обитающих на общей территории, что создаёт единство их морфофизиологического облика, единообразие биологических ритмов и образа

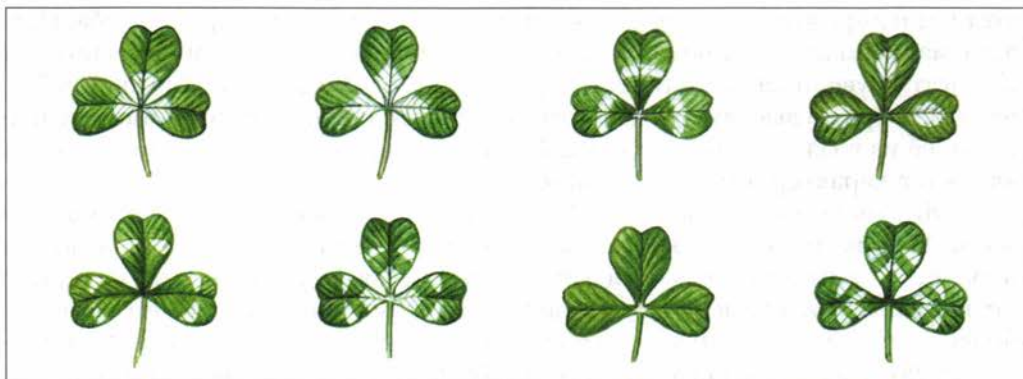


Рис. 97. Рисунок белых пятен на листьях отражает генетическое различие элементарных популяций клевера ползучего

жизни. Это единство служит основой формирования устойчивых взаимодействий между особями в популяции. В свою очередь, разнообразие популяций как единиц видового населения обеспечивается устойчивостью вида в постоянно меняющихся условиях среды обитания.



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

Популяция никогда не представляет собой простого случайного соседства многих её особей. Все особи популяции объединяются между собой единством функциональных взаимодействий, обеспечивающих характер биосистемы. Эти типы популяций в структуре вида различают по степени генетического сходства, по числу сходных признаков, а также по величине занятой территории в пределах видового ареала, освоению ресурсов. Все вместе они являют собой форму существования вида в биогеоценозе, выражая отношение части к целому.

1. Какие типы популяций существуют у вида?
2. Подумайте, почему экологическую популяцию нередко называют местной популяцией.
3. О какой популяции идёт речь в приведённом ниже определении — географической, экологической или элементарной?
«Группа особей данного вида, населяющая географически однородную, но биогеоценозически разнородную местность».
4. Дополните фразу правильным ответом.
 - Географическая популяция адаптирована к особенностям....
 - Большое разнообразие популяций у вида свидетельствует о его....
 - Пространство, которое занимает вид, называют....

Вспомните:

- типы популяций у вида;
- тип популяции, населяющей конкретный биогеоценоз;
- значение популяций для вида.

Популяция — компонент биогеоценоза. Именно популяции как части видов, а не виды целиком входят в состав биогеоценозов. Вид своими популяциями может входить в несколько биогеоценозов, этим обеспечивается его способность существовать в разных условиях обитания в пределах своего ареала. Но обычно в биогеоценозе бывает представлена лишь какая-то одна популяция вида.

Входя в состав биогеоценоза, популяция выполняет там определённую функцию. Она или создаёт для кого-то питательные вещества, то есть служит кормом и поставщиком энергии, или кого-то поедает сама. Соответственно этому популяция занимает в сообществе своё определённое место (играет свою роль в общей «экономии природы»), активно участвуя в круговороте веществ и потоке энергии.

В популяции нет простого соседства особей. *Все они тесно связаны единой системой определённых взаимодействий, обеспечивающих эффективное воспроизводство популяции.* Экологическая популяция может объединять миллионы особей (комары) или всего несколько десятков животных (крупные хищники), но и в том и другом случае популяция выступает в экосистеме как функциональное единство.

Общая сумма особей популяции на определённой территории, то есть её численность, может быть относительно стабильной, но может и значительно изменяться в сторону увеличения или уменьшения. Это зависит от особенностей видов и от колебания условий среды обитания.

Популяции многих видов способны нормально существовать только в тех случаях, когда они представлены достаточно большой численностью — большим количеством особей. Это свойственно некоторым видам птиц и млекопитающих, образующим массовые поселения — колонии. Например, баклану Бугенвилля на перуанском побережье Тихого океана для нормального существования необходимо, чтобы в его гнездовой колонии было не менее 10 тыс. особей и на каждом квадратном метре располагалось по три гнезда. Только в этом случае птица лучше высидит птенцов. Такая же особенность свойственна фламинго, буревестнику, пингвину.

По-видимому, достаточно близкое друг к другу размещение гнёзд в пространстве объясняется типом коммуникации, дистанцией, в пределах которой птицей может быть воспринята информация от соседей, типом поведения особей в пределах знакомой местности, а также типом защиты террито-

рии около своего гнезда во избежание вторжения других особей своей популяции.

Совместная жизнь особей в популяции во многом зависит от комплекса приспособлений, обеспечивающих контакты между ними или, наоборот, предотвращающих столкновения, от густоты размещения, то есть *плотности* населения популяции на занимаемой территории (рис. 98). Количество особей, относящихся к единице территории, называют *плотностью*, а общее количество особей в популяции — её *численностью*.

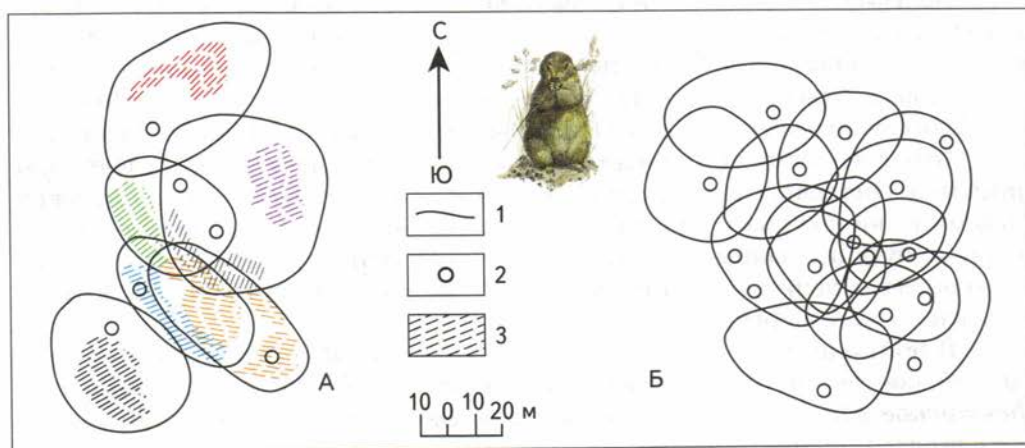


Рис. 98. Участки обитания взрослых зверьков малого суслика в годы низкой (А) и высокой (Б) плотности населения популяции: 1 — границы участков; 2 — постоянные норы; 3 — предпочитаемые места кормёжки

У большинства видов животных, растений и других организмов численность и плотность популяции обычно определяются обеспеченностью питанием. Это является одним из важнейших условий нормального существования популяции как структурного компонента биогеоценоза. Например, у популяции *обыкновенной лисицы* в крупных лесных массивах с обилием корма размеры индивидуальных участков составляли 55–150 га, у другой популяции, обитающей в местах, где небольшие лесные участки перемежаются с сельскохозяйственными угодьями и, следовательно, менее кормные, размеры участков увеличивались до 500–520 га. Помимо обилия корма и его доступности (затрат энергии на кормодобывание), на размещение населения экологической популяции влияет количество и распределение возможных убежищ, мест для сооружения гнёзд и нор, выращивания детёнышей.

Колебания численности популяции. Численность популяций в биогеоценозах никогда не бывает постоянной. Так, повышение плодовитости или выживаемости (как и продление сроков жизни большинства особей) приводит

к повышению численности популяции. Если это увеличение происходит на территории, исключающей возможность расселения особей за её пределы, то соответственно наблюдается возрастание плотности данной популяции. В случае, если расселение возможно, с увеличением численности плотность может не повышаться, но увеличивается территория, занимаемая данной популяцией. Периодические изменения количества особей в популяции, возникающие под влиянием внутренних свойств вида или внешних экологических факторов среды обитания, называют динамикой численности.

Причины, вызывающие изменения численности, чрезвычайно разнообразны: они могут быть и абиотическими, и биотическими, поскольку влияют на плодовитость, темпы смертности и быстроту индивидуального развития (см. рис. 74). Но характер реакции популяции на них всегда специфичен для видов, поэтому можно считать, что динамика (изменяемость) численности популяции есть приспособительный ответ популяции на те конкретные условия, в которых она существует.

Увеличение кормовой базы или снижение конкурентной ситуации, равно как и уменьшение влияния хищников и паразитов на популяцию, часто способствует росту её численности. Эти изменения могут носить регулярный характер, изменяясь в течение сезона или ряда лет. Очень большие сезонные колебания численности наблюдаются у насекомых, червей, птиц, грызунов и других животных, а также у растений, бактерий, грибов и вирусов. Сравнивая ход сезонных изменений численности, можно видеть, что эти постоянные колебания с неодинаковой силой проявляются в разные годы, выражая явную зависимость от условий окружающей среды.

Помимо сезонных колебаний численности, у целого ряда видов время от времени могут происходить вспышки численности, во время которых население популяции увеличивается до чрезвычайных размеров — в десятки и даже сотни, тысячи раз превышая норму. Например, численность *сосновой совки* в хвойных лесах Сибири способна за три года массового размножения возрасти в 1300 раз. Однако в таком виде популяция обычно существует недолго, и массовая вспышка численности сменяется её резким падением. Численность популяции при этом может сократиться до минимума, почти до нулевых пределов и в таком виде существовать в биогеоценозе на протяжении ряда лет, проявляясь лишь в регулярной сезонной ритмике популяции (рис. 99).

Колебания численности особей, характерные для каждой популяции, российский биолог С.С. Четвериков назвал «волнами жизни».

Популяция — функциональный компонент сообщества. Обычно население популяции, занимая определённое пространство, широко использует его жизненные ресурсы и возможности. В процессе своей жизнедеятельности население популяции существенно влияет на окружающую природную среду как *средообразователь (эдификатор)*, создающий специфические условия биотопа в биогеоценозе. Например, растения в биогеоценозах обеспечивают

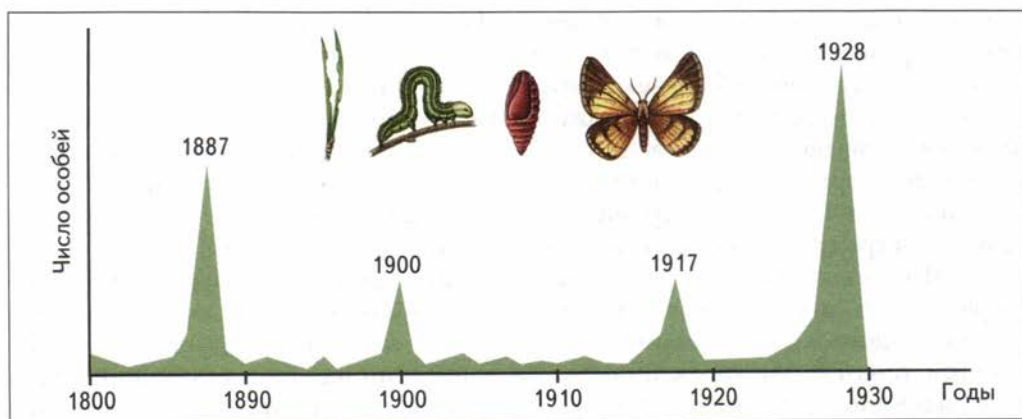


Рис. 99. Колебания численности бабочки сосновой пяденицы

особый микроклимат, изменяют качество почвы, создают органические вещества и запасают солнечную энергию; животные — устраивают убежища, перерабатывают растительные и животные органические вещества, повреждают растения, делают запасы кормов, рыхлят почву, удобряют её своим помётом и трупами, а грибы и бактерии участвуют в разложении органических веществ, накапливающихся в почве. Роль средообразующего и функционально-энергетического воздействия популяций в природе огромна.

Любая экологическая популяция, входя в состав биogeоценоза, проявляется там определённой видоспецифической функцией. Она или создаёт для кого-то определённые условия, или служит укрытием, или кормом, или кого-то поедает сама и соответственно этому занимает в сообществе своё специфическое место. Все экологические популяции, входящие в один биogeоценоз, известным образом специализированы, и каждая из них играет свою роль в экосистеме, представляя в нём ту или иную *экологическую нишу*. Благодаря разнообразию форм взаимодействия между экологическими популяциями, обеспечивается возможность совместного существования популяций многих видов в одном и том же природном сообществе.



Сергей Сергеевич Четвериков (1880–1959), российский генетик и энтомолог. Своими исследованиями внёс существенный вклад в популяционную генетику

Жизнь, динамика и целостность популяций зависит не только от их обеспеченности жизненными ресурсами (пищей, убежищем и пр.), но и от приспособлений, обусловленных межвидовыми и биogeоценозическими отношениями. Например, существование различных грызунов, зайцеобразных, копытных находится в зависимости от того «давления», которое

они испытывают со стороны хищников. Связи «хищник — жертва» для популяции не ограничиваются актом нападения одного хищника на добытую жертву, как это происходит на уровне особей, а выражают долговременные взаимоотношения популяции хищника с популяцией жертвы. Они отражаются на всех процессах существования популяций — формировании экологической ниши, динамике численности, выживании, распространении и эволюции. То же свойственно и популяциям детритных членов сообщества.

Длительное совместное существование популяций, каждая из которых выполняет особые функции в биоценозе, лежит в основе формирования многовидовых сообществ — биогеоценозов. В них подбор видов не случаен, а определяется возможностью поддержания непрерывного круговорота веществ. Участие популяций в общем процессе круговорота веществ и потока энергии подчёркивает глубокую связь между видами, приуроченными к одному биогеоценозу. Только на этой основе оказывается возможным устойчивое существование и популяций, и видов, и в целом природы. Реально существующие взаимные связи между популяциями разных видов, поддерживающие устойчивость сообщества, делают обоснованным вывод о том, что популяция — это *основная функциональная единица биогеоценоза*.

Таким образом, популяция — это не абстрактная единица вида, а *определённая совокупность особей вида, входящая в состав конкретного биогеоценоза и проявляющаяся своим определённым функционально-энергетическим воздействием на него*.

Популяции и экологические ниши. 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, её специализацию в отношении характера пищи и способа её 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, крупные копытные лишь частично, выборочно выедают корм, потребляя главным образом высокие, наиболее питательные травы, откусывая их на значительной высоте (4–7 см) от поверхности почвы. Сейчас это домашние животные, а до освоения человеком степных пространств — в основном дикие виды, среди них *сайгак*, *кулан*, ещё ныне сохранившиеся в Евразии в диком состоянии и обитающие на небольших участках своего естественного ареала. Живущие здесь же сурки выбирают корм среди травостоя, изреженного и измельчённого копытными, поедая то, что было недоступно последним. При этом сурки поселяются и кормятся только там, где нет высокотравья. Другие, более мелкие, зверьки — суслики —

предпочитают собирать корм там, где ещё сильнее нарушен травостой. Здесь они собирают то, что осталось от кормления копытных и сурков (рис. 100).

Все показанные на рисунке животные используют в пищу разные составные части растительного покрова, доедают то, что является недоступным другим травоядным. Такое разнокачественное участие в поедании травостоя, то есть размещение организмов по разным экологическим нишам в одном и том же биогеоценозе, обеспечивает более полное использование условий жизни на данной территории. Интересно, что совместное существование этих животных характеризуется не только отсутствием конкурентных связей, но и увеличением их численности, особенно сусликов и сурков. Их активное расселение является результатом увеличения поголовья домашних животных и площадей их выпаса, тогда как в местах, лишённых выпаса (то есть на участках, оставленных в качестве заповедных земель), наблюдается сокращение численности сурков и сусликов. Участки с быстрым отрастанием трав (особенно высокотравные) сурки покидают совсем, а суслики остаются там в очень малом количестве и преимущественно около дорог.

Популяция является важной принадлежностью биогеоценоза, где выступает его определённым структурным компонентом. Глубокие взаимные связи между популяциями разных видов обуславливают *устойчивость биогеоценоза*.

1. Поясните, каким образом экологические популяции участвуют в круговороте веществ и потоке энергии биогеоценоза.
2. Почему экологическая, а не географическая популяция является компонентом биогеоценоза? Ответ обоснуйте.
3. Замените подчёркнутую часть утверждения одним правильным словом:

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

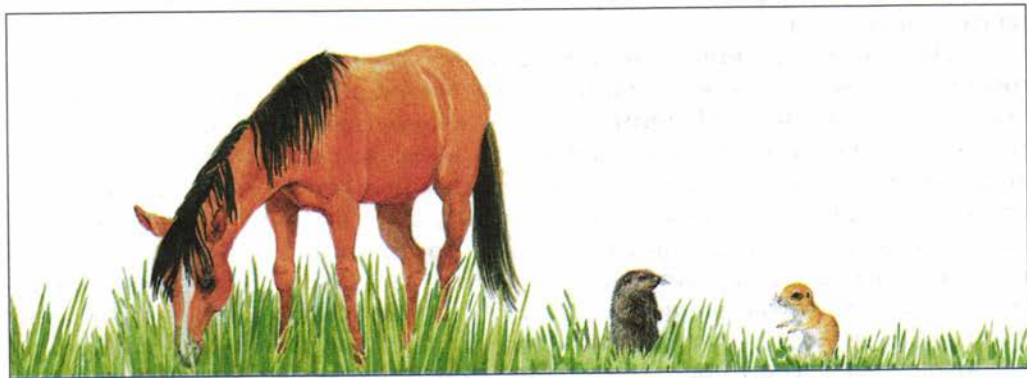


Рис. 100. Экологические ниши травоядных в степных биогеоценозах Евразии

Общее количество особей популяции на определённой территории — показатель условий существования популяции в биогеоценозе.

4. Установите, правильно ли высказывание: «Экологическая популяция в биогеоценозе — это особая экологическая ниша в нём».

§ 54

Популяция как основная единица эволюции

Вспомните:

- какие компоненты образуют популяцию;
- какова роль скрещивания между особями популяции;
- какие отношения существуют между популяциями вида.

Популяция как генетическая система. Популяция никогда не являет собой простого случайного соседства входящих в неё особей, все они как целостная биосистема связаны особенностями размножения и функциональным взаимодействием в сообществе. Как уже отмечалось, популяция может объединять миллионы особей или всего несколько десятков животных. В том и другом случае они представляют единую воспроизводящуюся систему. Общая сумма особей популяции на определённой территории (численность) может быть относительно стабильной, но может изменяться в десятки тысяч раз, подтверждая наличие «волн жизни».

Популяция — это живая система, представленная как совокупность особей (индивидов), которая на протяжении очень длительного времени существует в биогеоценозе, формирует там определённую экологическую нишу, осуществляет скрещивание, даёт плодовитое потомство и тем обеспечивает бесконечную длительность своего размещения в определённом пространстве. При этом каждая популяция обладает своей особой генетической информацией, представленной совокупностью генов от всех входящих в неё особей, в том числе и генов, изменённых различными мутациями. Поэтому популяция по совокупности генетической информации является также и *генетической системой*.

Совокупность всех наследственных задатков у отдельной особи представляет собой *генотип* (от греч. *genos* — «род» и *typos* — «отпечаток»), а совокупность всех генотипов особей, составляющих популяцию, называют *генофондом* (от греч. *genos* — «род» и фр. *fond* — «основание»). Генофонд характеризует генетическую систему популяции. Это наблюдается не только у видов, размножающихся половым путём, но и у видов с бесполом размножением. При этом каждая популяция вида характеризуется своим особым генофондом, всегда несколько отличающимся от генофондов других популяций этого же вида. Поэтому каждую популяцию рассматривают как особую генетическую систему в пределах вида.

Генофонд популяции характеризует её генетическую целостность и отличие от других популяций вида.

Популяции, обитающие в разных географических и экологических условиях, подвергаются неодинаковым воздействиям абиотических и биотических факторов среды. Различие особенно чётко проявляется у видов с широкими ареалами.

Например, большие морфологические отличия наблюдаются у особей различных популяций бурого медведя — кавказской, европейской, камчатской, гобийской, североамериканской (гризли) и др. Две последние популяции бурого медведя нередко называют *подвидами*. Подвидом обычно считают географически обособленные популяции, в свойствах которых большинство (75 %) особей отличаются от других популяций вида по морфологическому или другому признаку (но не генетическому). Подвидами также считаются популяции зайца-беляка, обитающие в лесах и тундрах Северной Америки и высоко в горах Альп. Учёные полагают, что альпийская популяция зайца-беляка возникла в период максимального оледенения, наблюдаемого на Евразийском континенте в середине плейстоцена (1 млн лет назад), когда ледники спускались до 50-й параллели. С отступлением ледников произошёл разрыв ареала зайца-беляка, и альпийская группа особей данного вида географически обособилась.

Длительное существование какой-то обособившейся популяции вида возможно только в том случае, если она обладает, с одной стороны, достаточной численностью особей, необходимой для продолжения существования популяции, а с другой — если эта группа особей сохраняет своё внутреннее генетическое единство (генофонд).

Популяционные основы эволюции. Отдельные популяции 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 популяции, чем между соседними популяциями этого же вида. А так как у всех организмов постоянно протекает спонтанный мутационный процесс, всякая существующая в течение ряда поколений совокупность особей неизбежно будет насыщенной различными мутациями и, следовательно, станет гетерогенной (неоднородной) по своему генетическому составу. Поэтому любая природная популяция рассматривается как весьма разнородная смесь генотипов, в том числе имеющая мутации многих генов.

Генетическая гетерогенность (неоднородность) — главнейшая особенность всех природных популяций.

Генетическая гетерогенность обеспечивается мутационным процессом и скрещиванием, постоянно происходящим между особями.

Обмен наследственной информацией, происходящий в период размножения при половом процессе, является условием умножения генетического

разнообразия популяции из-за возможной мутационной (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 (от 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.

Чем более изолированной оказывается популяция вида, тем более специфичной становится она по своим генетическим особенностям.

Это обусловлено тем, что изоляция сокращает встречаемость и скрещивание особей одной популяции с особями других популяций данного вида. Такие события часто происходят в природе в связи с изменениями географических или экологических условий на территории ареала (рис. 101).

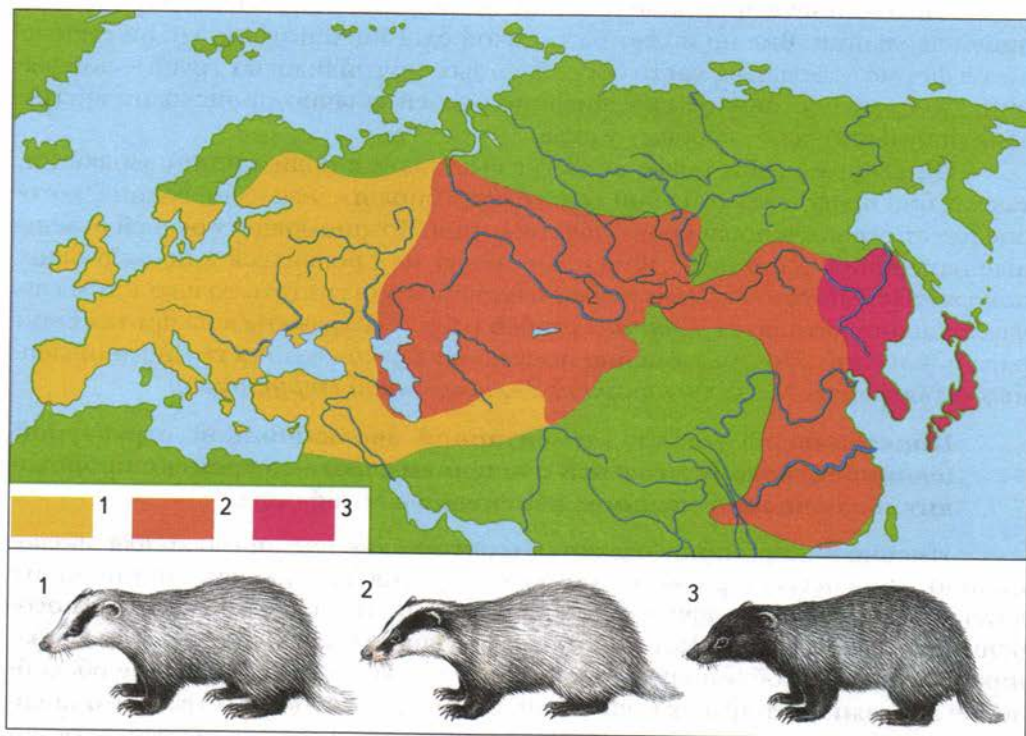


Рис. 101. Территории, занимаемые разными популяциями барсука (1, 2, 3)

При постоянстве различных факторов и невысокой интенсивности их давления на популяцию её генетический состав, неизбежно изменяясь, может всё же оставаться более или менее неизменным и практически стабильным в течение достаточно длительного времени. Однако, если популяция будет испытывать интенсивное давление какого-то фактора окружающей среды, то неизбежно должно будет наступить изменение (сдвиг) в генотипической смеси — генофонде популяции. Увеличение интенсивности и длительности давления факторов на популяцию изменит её генофонд на достаточно длительное время. В итоге произойдёт *эволюционно значимое генетическое изменение популяции*. Поэтому популяцию считают *элементарной эволюционной структурой*, а изменение её генотипического состава — *элементарным эволюционным явлением*.

Роль, которую играет генотипическая неоднородность природных популяций в эволюции видов, особенно высоко оценена С.С. Четвериковым. В 1926 году он пишет, что генетическая неоднородность (гетерогенность) популяции является основой для эволюционных преобразований. Эти воззрения Четверикова легли в основу синтетической теории эволюции.

Именно популяция (а не вид и не особь) выступает элементарной единицей эволюции. Вид не может быть такой единицей потому, что он существует в форме отдельных, часто обособленных внутривидовых групп — популяций. Поэтому постоянное скрещивание особей обычно происходит внутри этих популяций, а не «вообще» у вида.

Отдельные особи также не могут выступать в роли единиц эволюции, так как они представляют собой только одно биологическое поколение, которое имеет ограниченный срок существования. Возникающие у особей отдельные изменения, даже наследственные, могут не проявиться в последующих поколениях у потомков. Заметными изменения могут стать только в том случае, если они накопятся *у группы особей* и будут сохраняться на протяжении ряда поколений. Поэтому именно популяция как совокупность многочисленных особей является *элементарной эволюционной структурой*.

Популяцию называют элементарной эволюционной структурой (единицей) потому, что в ней с течением какого-то времени происходит эволюционно значимое изменение в генофонде.

Именно в популяции создаются генетические предпосылки для эволюционного процесса. При этом чем более изолирована данная популяция от других, тем более специфичной становится она по своим генетическим особенностям. Изоляция может привести популяцию к прекращению скрещивания её особей с особями других популяций этого же вида. Подобное обособление популяции от других популяций вида может свидетельствовать о появлении нового (дочернего) вида, качественно отличающегося от того, в состав которого популяция входила раньше.

Таким образом, популяции — это внутривидовые группировки особей, связанных между собой происхождением (родством), длительное время совместно населяющих определённое пространство. Генофонд популяции характеризует её генетическую специфичность, что отличает её от других популяций вида.

Следовательно, популяция является элементарной эволюционной структурой, где протекают элементарные эволюционные явления.

1. Какое значение для вида имеет его популяционная форма существования?
2. Какая разница между понятиями «генотип» и «генофонд»?
3. Какие выводы С.С. Четверикова легли в основу современной теории эволюции?
4. Охарактеризуйте свойства популяции, если известно, что она не только генетически гетерогенна, но и генетически едина.
5. Чем отличается генофонд популяции от генофонда вида?

§ 55

Микроэволюция и факторы эволюции

Вспомните:

- о популяции как генетической системе внутри вида;
- о гетерогенности природных популяций;
- о популяции как элементарной единице эволюции.

Понятие о микроэволюции. С момента появления у популяции существенных генетических отличий от других популяций того же вида, контролируемых и поддерживаемых естественным отбором, можно констатировать, что начинается процесс, который спустя некоторое время завершится изоляцией данной популяции и появлением на её основе нового вида. Этот процесс называют микроэволюцией (от греч. *mikros* — малая величина чего-либо и лат. *evolutio* — «развёртывание»).

События микроэволюции совершаются в пределах популяции, поэтому её называют *элементарной структурой эволюции*, а появление и накопление изменений генетического материала в популяции — *элементарным эволюционным явлением*.

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 счёт притока новых генов (посредством мутаций и пере-

комбинаций генов) осуществляется изменение её генетического состава (генофонда). Часто процесс микроэволюции происходит на обособленных территориях и протекает в течение достаточно длительного времени — на протяжении многих поколений особой популяции.

В итоге, спустя определённое время, в такой популяции накапливается много новых генетических признаков, из-за которых её особи уже оказываются способными скрещиваться только внутри своей популяции. Как только популяция приобретает признак нескрещиваемости с особями из других популяций того же вида, она приобретает статус *нового вида*, обладающего особыми признаками, отделившегося от предыдущего — родительского — вида.



Микроэволюция происходит на основе изменчивости наследственного материала популяции под контролем естественного отбора.

Обычно микроэволюционные процессы завершаются образованием новых видов. При этом новый вид может образоваться из одной популяции или группы смежных популяций.

Новый вид возникает как результат длительного процесса микроэволюции на основе ранее существующего вида. Вид всегда происходит от вида.

Приобретая в микроэволюционном процессе репродуктивную изоляцию, новый вид характеризуется своей формой генетического равновесия генотипов в генофонде. При этом популяция уже являет собой новый вид, а в генетическом отношении — закрытую систему, устойчиво сохраняющую свои признаки (генетические, морфологические, физиолого-химические, географические и экологические). Поэтому вид часто называют качественным этапом эволюции.



Популяция — арена микроэволюции, а вид — результат микроэволюции.

Именно в популяции наблюдается элементарное эволюционное явление — *изменение генетического состава*.

Факторы эволюции. Факторы эволюции — это любые явления или процессы, оказывающие какое-либо воздействие на эволюцию организмов. К элементарным факторам эволюции относят: *мутационный процесс, колебания численности* («волны жизни»), *изоляцию* и др.

Мутационный процесс — это процесс, в котором совершаются мутации, то есть внезапные, естественные или вызванные искусственно наследуемые изменения в генетическом материале, приводящие к изменению отдельных признаков организма.

Мутации (от лат. *mutatio* — «изменение») присущи всем живым организмам. Они могут возникать в результате нарушения нормальных процессов репликации ДНК или при расхождении хромосом как ошибки при воспроизведении генетического материала, происходящие спонтанно или под дейст-

вием каких-то факторов внешней среды (мутагенов). В зависимости от характера изменений в генетическом материале различают мутации, совершаемые путём новых вставок или выпадения нуклеотидов в молекулах ДНК, вставок молекул ДНК в ген, перемещения участков генетического материала в пределах одной хромосомы или между хромосомами, изменения числа хромосом в клетках организма и др. Мутации как активно действующий фактор обеспечивают постоянные изменения в наследственном материале особей и популяций в целом.



Мутации — важный источник появления качественно новых признаков в генофонде популяции.

Мутационный процесс, происходящий в популяциях, является поставщиком ненаправленных изменений в наследственном материале, активным элементарным эволюционным фактором, постоянно оказывающим «давление» на популяцию.

Большинство особей в популяции являются носителями мутаций. Значительная часть мутаций, как правило, вредна для организма, но некоторые из них могут принести определённую пользу. К тому же иногда мутации, вредные в одних условиях, в иных обстоятельствах могут быть полезными. Таким образом, мутационный процесс является важным поставщиком элементарного эволюционного материала, из которого естественный отбор путём выбраковывания вредных изменений сохраняет полезные изменения в генотипах особей популяции.

Колебания численности популяции, или «волны жизни», бывают сезонными, годовыми и многогодовыми. Они могут регулярно повторяться (периодические) или возникать неожиданно («вспышка»), при этом численность популяции может достигать высоких пределов, а затем упасть почти до нуля. Такие популяционные волны оказывают существенное влияние на обмен генетической информацией между особями популяции и в период её большой численности, и особенно в период её спада.



Колебание численности популяции является источником эволюционного материала.

От того, какие генотипы сохранятся после массовой гибели особей в период спада численности, и от возможности их размножения зависит судьба генофонда популяции. Сохранившиеся одиночные особи своими генотипами могут привести к существенному изменению всего генофонда популяции и даже повлиять на генофонд всего вида как целого. Если такое событие совершится на изолированном пространстве ареала вида, то популяция может обособиться от родительского вида настолько, что выступит в качестве нового вида.

Явление преобразования и изменения частот аллелей (признака) в популяции, произошедшее в результате каких-то случайных причин, называют

дрейфом генов. Причиной дрейфа генов могут быть популяционные волны, особенно в период их спада. В этот период популяция, теряя много особей, становится не только малочисленной, но и более однородной. В результате увеличивается частота близкородственных скрещиваний. При этом происходит увеличение *гомозиготных* (однородных) форм, которые в новых условиях могут оказаться приспособительно более ценными для популяции при дальнейшем увеличении численности.

Резкие колебания численности свойственны многим видам. Их причины различны. Они могут быть вызваны температурными изменениями, разногодичным режимом влажности, величиной снегового покрова (для зайца-беляка), периодической сменой солнечной активности и др. Однако не только абиотические факторы вызывают массовые всплески изменения численности популяций. Ярко выраженные колебания численности популяций многих видов зависят от количества кормов, распространения болезней и биологических свойств самих видов (плодовитости, выживаемости и пр.).

Популяционные волны, как и мутации, также служат *поставщиком ненаправленных изменений* в наследственном материале. Таким путём они оказывают давление на популяцию. Поэтому их считают элементарным фактором эволюции.

Изоляция (от франц. *isolation* – «разобщение», «отделение») популяции от других популяций своего вида также служит элементарным фактором эволюции, так как затрудняет или исключает свободное скрещивание её особей с особями других популяций этого же вида.

Обычно изоляция ведёт к обособлению внутривидовых групп и образованию новых видов.

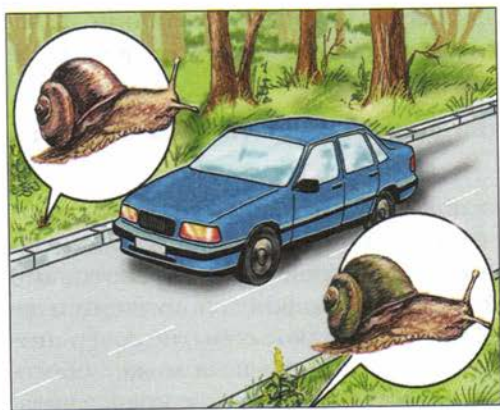


Рис. 102. Формирование различных популяций улитки

Изоляция не создаёт генетических изменений в популяции, но она закрепляет и усиливает генотипическое разнообразие.

Изоляция популяции от других популяций вида в природе может осуществляться различными способами. Часто этому служат труднопреодолимые территориально-механические или географические барьеры (река, озеро, горный массив, автострада, антропогенный ландшафт и пр.).

Популяции малоподвижных организмов могут быть изолированы друг от друга всего несколькими метрами пространства (рис. 102).

Изоляция может возникнуть при *биологической (репродуктивной)* нескрещиваемости особей, обусловленной или *поведенческими* различиями, или *экологическими* особенностями (предпочтением разных местообитаний, сезонными и временными несовпадениями сроков размножения), *морфофизиологическими* (различием в размерах и строении организмов и отдельных органов), а также *генетическими* различиями (несовместимостью половых клеток) и др. Все эти формы изоляции возникают независимо друг от друга и могут проявляться в различном сочетании.

Длительная изоляция какой-либо популяции может привести к независимости её генофонда от генофонда других популяций вида, в результате чего обособившаяся популяция может стать самостоятельным новым видом.

Элементарные факторы эволюции (мутационный процесс, популяционные волны, изоляция) активно участвуют в изменении генофонда популяции, оказывают на неё существенное давление, обуславливая протекание в ней микроэволюционного процесса, но все они не имеют какой-либо направленности. Направление движения процесса эволюции задаётся естественным отбором.

1. Сформулируйте определение понятия «микроэволюция».
2. Охарактеризуйте сущность мутационного процесса как элементарного фактора эволюции.
3. Почему динамику численности популяции называют элементарным фактором эволюции?
4. Какую роль в микроэволюционном процессе играет изоляция?
5. Как вы думаете, что произойдёт с исходным видом, если в одной из его популяций начался процесс микроэволюции?

§ 56

Движущий и направляющий фактор эволюции

Вспомните:

- элементарные факторы эволюции;
- значение элементарного эволюционного явления;
- значение микроэволюции в природе.

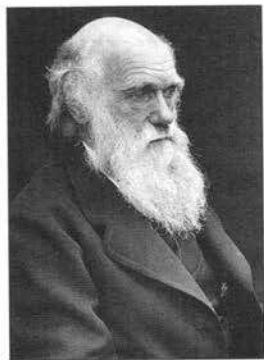
Главный фактор эволюции. Микроэволюционные изменения популяции завершаются возникновением новых видов. Новый вид может образоваться из одной популяции или группы смежных популяций вида. Обычно процесс микроэволюции происходит в экологической популяции на ограниченной территории и протекает в течение достаточно длительного периода времени — на протяжении многих поколений.

Чтобы в популяции смогла начаться эволюция, она должна представлять собою смесь генотипически разных особей и групп особей — носителей различных мутаций. Причём частота возникновения мутаций в популяции должна быть достаточно стабильной и при значительном количестве особей. Кроме того, такая многочисленная гетерогенная популяция должна попасть под действие естественного отбора как *главного фактора эволюции*.

Мутации, совершающиеся у отдельных особей, обычно случайны и в пространстве, и во времени. Все мутационные изменения у организмов популяции не являются направленными. Случайность мутаций создаёт в популяции некий генетический беспорядок. Направленность мутационным изменениям в популяции придаёт естественный отбор.

Отбраковывая, устраняя особей с неудачными комбинациями генов, естественный отбор сохраняет (накапливает) особи с теми генотипами, которые не нарушают процесса приспособительного формообразования. Сохраняя некоторые комбинации генов, естественный отбор таким путём как бы направляет развитие тех или иных свойств у организмов популяции. Поэтому естественный отбор называют *движущей силой эволюции* или *основным, направляющим, фактором 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 жизнеспособностью и эффективностью размножения. В итоге генофонд популяции накапливает именно те новые признаки, которые сохранились в условиях естественного отбора. Следует подчеркнуть, что естественный отбор воздействует не на отдельный признак (и не на отдельный ген), а на весь живой организм в целом со всей совокупностью его признаков.



Чарлз Роберт Дарвин (1809–1882), английский естествоиспытатель

Естественный отбор обычно действует эффективно, если популяция характеризуется достаточно высокой численностью особей. Колебания численности популяций в некоторые годы (нередко с определённой повторяющейся периодичностью) создают очень высокую численность особей, что позволяет естественному отбору среди большой массы генотипов поддерживать наиболее полезные признаки и тем укреплять или изменять генофонд популяции. Поэтому естественный отбор рассматривают как силу избирательного воспроизведения генотипов с признаками, более приспособленными к условиям внешней среды, как главный фактор эволюции.

Естественный отбор. Понятие о естественном отборе ввёл Ч. Дарвин. По определению Дарвина, это

своего рода естественное (природное) средство, с помощью которого организмы в процессе борьбы за существование приобретают разную судьбу: одни, как более приспособленные, выживают и оставляют плодовитое потомство, а другие, менее приспособленные, гибнут.

Необходимыми предпосылками для действия естественного отбора Дарвин считал наследственную изменчивость организмов (гетерогенность особей) и большое (избыточное) количество особей вида.

При высокой численности всегда имеется шанс появления большого разнообразия генотипов, что определяет возможность выбора наиболее приспособленных. В то же время при высокой численности (и плотности) возникают условия для борьбы за существование.

Борьба за существование считается причиной эволюции. Этим понятием обозначаются все противоречия в связях, складывающихся при совместном обитании в биогеоценозе между особями одного вида (в популяции и между популяциями), между особями разных видов и между живыми организмами и абиотической внешней средой. Стремление организмов выжить и оставить потомство является исходным условием борьбы за существование. Естественный отбор как движущая сила задаёт направление эволюционному процессу.



Естественный отбор выступает движущей силой эволюции, он определяет её содержание: создание новых адаптаций, дивергенцию и образование видов, прогрессивное развитие живого мира.

Движущими силами (или причинами) эволюционного развития в органическом мире, по Дарвину, являются борьба за существование и естественный отбор.

Сам Дарвин в своей работе о происхождении видов постоянно подчёркивал творческий характер естественного отбора. Он писал: «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».

Первые мысль о механизме, осуществляющем эволюцию организмов, населяющих Землю, — естественном отборе, — была высказана Дарвином на страницах его книги «Путешествие на корабле „Бигль“» в 1845 году. Позднее, в 1858 году, на заседании Линнеевского общества в совместном докладе английских учёных Чарльза Дарвина и Алфреда Уоллеса была представлена теория эволюции, основным механизмом которой был назван естественный отбор. В 1859 году вышла в свет ещё одна книга Дарвина «Происхождение видов путём естественного отбора», где последовательно, логично и аргументи-

ровано была изложена эволюционная теория происхождения видов. Используя многочисленные примеры видов, обитающих на Галапагосских островах, а также труды других учёных, подтверждающих изменчивость организмов, Дарвин попытался раскрыть сущность эволюции путём естественного отбора. В России труд Дарвина был опубликован на русском языке в 1864 году.

Естественный отбор не вызывает изменчивости организмов, однако он может воздействовать на частоту и преобладающее проявление мутаций, определяя тем самым темпы и направления эволюционного процесса. В этом выражается «творческая роль» естественного отбора.



Естественный отбор — это направленный, но вероятностный процесс.

Действуя в различных направлениях, естественный отбор может приводить к разным результатам. Однако все они обеспечивают организмам (и видам, популяциям) преимущественное выживание в конкретных условиях окружающей среды.

1. Поясните, почему основным механизмом эволюции является естественный отбор.
2. Почему естественный отбор является процессом вероятностного характера?
3. Что Ч. Дарвин считал предпосылками естественного отбора?

§ 57

Формы естественного отбора

Вспомните:

- роль естественного отбора;
- в чём проявляется вероятностный характер естественного отбора;
- что является предпосылками для действия естественного отбора у популяции (вида).

Принято различать несколько форм естественного отбора; основными из них являются *движущая, стабилизирующая и дизруптивная*.

Общее учение о движущей и особенно о стабилизирующей форме естественного отбора, об их взаимодействии в процессе эволюции создал отечественный биолог И.И. Шмальгаузен.

Стабилизирующая форма. Эта форма естественного отбора наблюдается в тех случаях, когда внешние (фенотипические) признаки организмов в популяции оптимально соответствуют условиям внешней среды и конкуренция от-

носителем слабая. Стабилизирующий отбор действует во всех популяциях, уничтожая особей с крайними отклонениями, но фиксирует (закрепляет) полезные признаки. Такой отбор как бы стабилизирует, удерживает уже сложившуюся, среднюю (типичную) 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.



Иван Иванович Шмальгаузен (1884–1963), российский зоолог, теоретик эволюционного учения

Приспособленность организма к определённым условиям не означает прекращения действий естественного отбора. Все вновь появляющиеся признаки изменчивости (мутационной и комбинативной), возникающие у особей, могут отклонить их свойства от среднего значения. Эти появившиеся отклонения стабилизирующий отбор исключает, сохраняя установившееся в популяции среднее значение признака как норму. Именно поэтому в любой популяции диких видов наблюдается большое сходство между всеми особями.

Примеров стабилизирующего отбора в природе множество. Шмальгаузен упоминает о гибели большого количества воробьев в Англии, случившейся по причине внезапно обрушившейся бури. Исследования погибших птиц показали, что преобладающее большинство из них имели явные отклонения от нормы в размерах, строении крыльев и оперении. Именно нормальные (средние) организмы оказались наиболее устойчивыми при большем напряжении сил, которое потребовалось, чтобы выдержать непогоду.

Движущая форма естественного отбора. Это форма отбора особей с некоторыми уклоняющимися значениями признака от ранее установившегося в популяции.

Движущаяся форма естественного отбора реализуется на основе появившегося у ряда особей некоторого преимущества в признаках приспособленности перед представителями средней нормы. Это обычный результат изменений в экологических условиях и биогеоценотических соотношениях, при которых установившийся механизм индивидуального развития и его результат, то есть вся организация вместе со всеми её реакциями, теряют свою приспособленность. Преимущество получают те, у которых некоторые наследственные отклонения оказались более подходящими. Отбор отклонений в некотором «поощряемом» естественным отбором направлении и элиминация (от лат. *elimino* — «удаление»), удаление вариантов, которые раньше ещё входили в состав средней нормы, вызывают сдвиг бывшей нормы в одном

или нескольких направлениях. Так происходит непрерывное приспособление организма на всех стадиях его развития к меняющимся условиям существования.



В основе движущей формы естественного отбора лежит изменение положения популяции в биогеоценозе, при котором одни варианты приобретают некоторое преимущество, а другие, наоборот, попадают в менее благоприятное положение.

Таким образом, движущийся отбор позволяет выжить в изменившихся условиях особям с признаками, наиболее отвечающими этим конкретным условиям. При данной форме отбора 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 (рис. 103).



Рис. 103. Бабочки берёзовой пяденицы на закопчённом стволе берёзы

Классическим примером эволюционного изменения по типу движущего отбора является наличие темноокрашенных и светлых бабочек *берёзовой пяденицы*. Обычная серая окраска бабочки в промышленных районах Англии — Манчестере, Бирмингеме заменяется на чёрную. Исследования по выяснению причины изменения окраски бабочки берёзовой пяденицы показали, что это произошло под воздействием химического загрязнения атмосферы, в результате которого на стволах берёзы погибли лишайники — места обитания этих бабочек, а стволы берёз из-за оседающих на них угольной пыли и смол приобрели чёрную окраску. Поэтому вскоре и бабочки берёзовой пяденицы, откладывающей яйца на почерневшие стволы берёзы, тоже приобрели почти чёрную окраску. Оказалось, что до половой зрелости в этих районах

преимущественно доживают чёрные особи бабочек, а серые, как более заметные на тёмных стволах берёзы, поедаются птицами. То есть светлые бабочки в большинстве погибают, даже не успев отложить яйца.

В сельской местности, вдали от промышленных предприятий, наблюдается обратный процесс. На светлых стволах деревьев менее заметными оказывались серые бабочки, а чёрные погибали, не достигнув половой зрелости. В сложившихся условиях в популяции из поколения в поколение 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.

Дизруптивная форма естественного отбора. Эта форма отбора рассматривается как частный случай движущей формы естественного отбора.

Дизруптивный (от лат. *disruptus* — «разорванный»), или *разрывающий*, отбор в своём действии направлен против сохранения средних состояний признака и ведущий к разрыву популяции на две или более групп. При действии дизруптивного отбора внутри популяции обычно возникает полиморфизм, то есть несколько отчётливо различающихся проявлений того или иного признака. При снижении возможности скрещивания между такими группами может возникнуть дивергенция, которая при поддержке естественным отбором может завершиться полным обособлением и видообразованием. Например, на небольших океанических островах с сильными ветрами выживают насекомые либо вообще без крыльев, либо с очень мощными крыльями. Промежуточные формы уносятся ветром и гибнут в океане (рис. 104).

Таким образом, если движущий отбор способствует изменениям особей и в целом популяций, то стабилизирующий отбор определяет поддержание (сохранение) уже существующих свойств (фенотипов), а дизруптивный — создаёт разные направления в отборе признаков. Изменяемость и устойчивость признаков — две взаимосвязанные стороны единого эволюционного процесса. Естественный отбор в этом процессе и создаёт, и поддерживает многообразие форм живой природы, служит *механизмом*, направляющим и реализующим эволюцию.

Сравнение форм естественного отбора показано на рисунке 123.

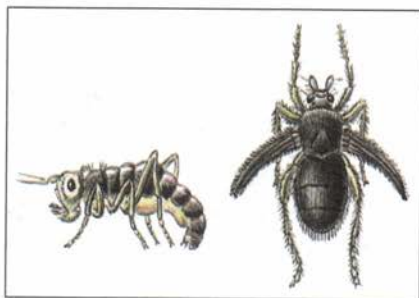


Рис. 104. Мухи с острова Кергелен



Рис. 105. Схемы форм естественного отбора: А — действие стабилизирующего отбора; Б — действие движущего отбора; В — действие дизруптивного отбора; F_1 , F_2 , F_3 — поколения особей

1. Какая форма естественного отбора обеспечивает разнообразие вариантов видообразования?

2. Каким образом естественный отбор направляет эволюцию?

3. Замените подчёркнутое выражение в утверждении одним правильным термином:

- фактор, который, благоприятствуя удержанию отклонений в значении признака, приводит к эволюционному изменению;
- основной движущий фактор, осуществляющий эволюцию организмов;
- фактор, который действует во всех популяциях, фиксирует полезные признаки, уничтожая особей с крайними отклонениями.

§ 58

Искусственный отбор и его роль в увеличении биологического разнообразия на Земле

Вспомните:

- значение отбора в формировании многообразия форм организмов;
- как происходит отбор живых форм в природе;
- какие свойства вырабатывает естественный отбор у организмов.

Искусственный отбор как фактор эволюции. Ч. Дарвин, чтобы придать большую убедительность своему учению о происхождении видов, вначале разработал теоретические основы искусственного отбора. Для этого он изучил большой фактический материал по одомашниванию животных, происхождению культурных растений и практической селекции, накопленный с древних времён.

Глубоко изучив проблему окультуривания диких животных и растений, Дарвин пришёл к выводу, что в процессе одомашнивания дикие виды были не просто приручены человеком, но и претерпели существенные изменения за этот период времени. При этом Дарвин отметил две особенности, характерные для всех домашних животных и культурных растений: 1) каждая группа домашних организмов не однородна, а включает в себя множество различающихся форм; 2) внутри каждой группы все имеющиеся породы (или сорта) резко различаются между собой, а также отличны от дикого предка.



Разнообразные породы домашних животных и сорта культурных растений были созданы в соответствии с желаниями людей.

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 пришёл 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 ещё не может привести к образованию новой породы или сорта. Даже наследственная изменчивость является лишь предпосылкой эволюции культурных форм. Действенным направляющим фактором в эволюционном процессе выступает целенаправленная деятельность человека, которую Дарвин назвал *искусственным отбором*.

Ч. Дарвин показал, что искусственный отбор является основным фактором, обеспечивающим возникновение пород домашних животных и сортов культурных растений.

Принципы искусственного отбора. Характеризуя искусственный отбор, Дарвин выделил несколько принципов, показывающих истинно творческую роль человека в эволюции культурных форм. Во-первых, все культурные формы приспособлены человеком для его нужд и желаний. 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 идёт через отбор их носителей — особей в последовательном ряду поколений. «Ключ к объяснению, — пишет Дарвин, — заключается во власти человека накапливать изменения путём отбора; природа доставляет последовательные изменения, а человек слагает их в известных, полезных ему направлениях».

Третий принцип искусственного отбора характеризует необходимость сохранения в изоляции особей с хорошо выраженными полезными

для человека признаками от их «некачественных» сородичей из другого сорта (породы).

Все изученные примеры искусственного отбора подтверждают, что он является творческим процессом, создающим новые формы растений и животных, характеризующиеся наличием признаков, полезных для человека. Человек, реализуя селекционный процесс, направляет развитие новых форм по пути дивергенции. При этом селекционер ведёт селекционную работу целенаправленно, то есть заранее ставя цель вывести новую породу с определёнными признаками (*методический искусственный отбор*).

Однако наряду с селекционным способом создания новых форм использовались и примитивные способы отбора, предусматривающие уничтожение наименее ценных для человека растений и животных (*бессознательный искусственный отбор*).

Эффективность искусственного отбора. С момента начала приручения животных и окультуривания растений человеком была совершена колоссальная работа, которая поражает своими масштабами как по количеству созданных сортов культурных растений и пород домашних животных, штаммов микроорганизмов, так и по разнообразию качества выведенных форм (рис. 106).

Порода, сорт, штамм — это искусственно полученные популяции животных, растений, бактерий и грибов с нужными для человека признаками. Порода — это особые формы домашних животных, сорт — особые формы культурных растений. Штамм (от нем. *stamm* — «ствол», «основа», «род») — чистая культура микроорганизма, выделенного из определённого вида (популяции) или полученного в результате мутаций.



Рис. 106. Разнообразие пород собак, выведенных человеком

Селекционеры создали большое количество разнообразных сортов почти всех культурных растений. Несколько тысяч сортов имеет роза. В их создании были использованы разные виды дикорастущей розы. То же наблюдается у пшеницы, кукурузы. В Китае для изготовления поделок и для употребления в пищу выращивается 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, георгина и сирень (рис. 107).



Рис. 107. Разные сорта георгины

Подобная картина наблюдается и в домашнем животноводстве.

Человеком выведены различные породы лошадей, собак, овец, кур, уток, гусей, перепёлок, домашней пчелы, тутового шелкопряда и многих других животных. Все эти породы не встречаются в дикой природе, а созданы человеком и отвечают его потребностям.

По количеству сортов и пород культивируемые формы составляют большую долю в органическом мире. Притом они имеют широкую географию. С давних пор при переселении людей происходило распространение культурных растений и домашних животных на новые земли. Большое число культурных растений и животных попало в Европу после открытия Америки. И 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 привели к формированию особых форм растений (сорняки) и животных (вредители). Их количество также 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. С расселением культурных растений из одних районов в другие идёт и расселение сопровождающих их сорняков. Например, 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 распространённый. То же происходит и с животными, особенно с насекомыми-вредителями. Подобных примеров множество.

Среди животных-вредителей много представителей из различных отрядов насекомых и отряда клещей. Например, *большой и малый хрущаки* (жуки) и *амбарные клещи* портят хранящиеся в зернохранилищах зёрна 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 жизни человека, обогащая живой мир новыми формами популяций и видов.

Искусственный отбор всегда осуществляется по отдельным признакам, интересующим человека. Это может привести к нарушению 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 долго жить в естественной среде. В сравнении с этим естественный отбор, наоборот, благоприятствует лишь тем особенностям организмов, которые способствуют закреплению целых комплексов приспособительных признаков и обеспечивают их лучшее выживание в природной среде.

1. Приведите примеры известных вам сортов культурных растений.
2. Укажите, в чём состоит сходство искусственного и естественного отбора и в чём — основное различие.
3. Подумайте, в процессе какого отбора — искусственного или естественного — происходило формирование сорняков?
4. Каково значение культурных форм растений и животных для природы?

Лабораторная работа № 8 «Значение искусственного отбора» (см. Приложение).

§ 59

Видообразование — процесс возникновения новых видов на Земле

Вспомните:

- какое значение в природе имеет микроэволюция;
- факторы эволюции — элементарные и движущий;
- роль естественного отбора в микроэволюции.

Понятие видообразования. Процесс обособления популяции и переход её в качественно новое состояние — вид — называют микроэволюцией, а разделение вида на дочерние виды — *видообразованием*.

Видообразование — это сложный и длительный эволюционный процесс, который протекает в пространстве и во времени. Появление нового вида представляет собой конечный итог микроэволюции.

Становление нового вида завершается лишь тогда, когда особи популяции вида в течение определённого времени приобретают признаки, обеспечивающие им репродуктивную изоляцию даже после разрушения разделяющих преград. В генетическом отношении сущность видообразования выражается в возникновении двух хорошо различающихся генных комплексов из одного исходного генофонда.

Появление нового вида представляет собой конечный итог микроэволюции, протекающей на основе приспособительных (адаптивных) преобразований популяций вида посредством дивергенции и под контролем естественного отбора.

С образованием нового вида микроэволюционные процессы не прекращаются, а продолжают далее без какого-либо перерыва. С возникновением нового вида лишь завершается один из этапов грандиозного и постоянно идущего в живом мире процесса эволюции и начинается новый этап — образование 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 идёт увеличение общей суммы видов и создаётся их огромное разнообразие, 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 всё то, что было достигнуто живыми организмами в процессе эволюции и помогает им существовать в новых условиях, например устойчивое закрепление отдельных полезных адаптаций. Закрепление и сохранение результатов эволюции оказываются возможными 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 изменяющимся условиям среды обитания. Эти эволюционные процессы всегда начинаются внутри вида в той или иной его популяции. Процесс видообразования на Земле идёт непрерывно с того момента, как появилась жизнь, когда возникли первые живые организмы, и он продолжается 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* (от греч. *allos* — «другой», «иной» и *patris* — «родина»), и *биологическое*, или *симпатрическое* (от греч. *syn* — «вместе» и *patris* — «родина»).

В одних случаях исходный вид (или его популяция) по каким-то причинам оказывается на новых для него территориях, за пределами своего ареала. Новые условия существования создают предпосылки к появлению дивергенции, которая может завершиться появлением нового вида. Такой способ видообразования называют географическим или аллопатрическим.

В других случаях исходный вид не меняет своего ареала, но появляются факторы, существенным образом изменяющие условия его обитания на занимаемой территории. Длительное действие этих факторов, влияющих на исходный вид, направляет естественный отбор по новому пути, который в итоге также приведёт к возникновению нового вида. Такой способ видообразования называют биологическим или симпатрическим.

В том и другом случае процесс видообразования зарождается в недрах популяции и идёт постепенно на основе дивергенции в ряду многих поколений особей.

Географическое (аллопатрическое) видообразование. Оно происходит в тех случаях, если отдельные популяции вида будут полностью разъединены различными пространственно-территориальными барьерами: горными хребтами, реками, лесами, степями, морями, пустынями, городскими застройками и пр. Эти барьеры становятся препятствием для встречи особей и прерывают обмен генами между популяциями вида.

Классическим примером географического видообразования, описанным ещё Ч. Дарвином, служит появление ряда видов *дарвиновых вьюрков* на Галапагосских островах архипелага Колон в Тихом океане. Полагают, что современные виды дарвиновых вьюрков — это потомки нескольких особей вьюрков из Южной Америки, случайно занесённых ветром на острова. Попавшие туда вьюрки стали основателями популяций на разных островах, а будучи изолированными друг от друга, они дали начало новым самостоятельным видам. Основные отличительные признаки разных видов дарвиновых вьюрков — строение клюва и способ питания птицы — находятся в тесной связи с особенностями добычи пищи в новых условиях.

Если географически обособившаяся популяция была первоначально малочисленной, то при скрещивании частота встречаемости особей, а следовательно, и некоторых генов может быстро возрастать. При этом возникает увеличение частоты близкородственных скрещиваний, что может закрепить одни аллели (признаки) при одновременной утрате других. В результате за несколько поколений у такой популяции некоторые гены могут полностью исчезнуть. То и другое может привести обособившуюся группу особей к изоляции от её исходной (материнской) популяции.

Вероятность появления разнообразных новых признаков и свойств особенно велика, если несколько оторвавшихся особей были представителями большой, широко распространённой популяции с гетерогенным генофондом. В таком случае у основателей новых популяций будет содержаться значительное количество генов, имеющих в их генофонде от материнской популяции. Возникшие новые генотипы в новых условиях среды могут оказаться приспособительно ценными. Эти формы, будучи охваченными естественным отбором, смогут при последующем увеличении численности популяции получить широкое распространение и приобрести статус вида.

Биологическое видообразование. Это процесс, который ведёт к формированию новых видов на основе первично возникшей биологической (генетической) изоляции, например при полиплоидии у растений или в результате разных типов хромосомных мутаций. У животных такие случаи происходят редко, а у растений — относительно часто. Однако возникающие формы далеко не всегда подхватываются и стабилизируются естественным отбором. Закрепляются естественным отбором лишь те экологические, физиологические и морфологические формы, возникшие в результате биологической изоляции, которые лишь связаны с возникновением новых экологических ниш и условий, ведущих к образованию новых видов, не смешивающихся с исходным. В таких условиях первоначальный вид может породить ряд дочерних видов, приспособленных к различным крупным нишам в пределах данной территории или местообитания.



Аллопатрический и симпатрический способы видообразования всегда ведут в увеличению количества видов в природе.

Изменения условий внешней среды, смена типов биогеоценозов на одной и той же территории могут служить предпосылкой к появлению у популяций видов наследственной изменчивости, новых приспособительных свойств и даже к возникновению новых видов.

Оба способа видообразования тесно переплетаются между собой. Часто их влияние трудно отделить одно от другого. Например, когда какому-либо виду удастся обосноваться на новой для него территории (аллопатрический способ) и при этом оказаться в новом местообитании, у него появляется экологическая возможность для расселения и увеличения разнообразия (симпатрический способ).

В истории нашей планеты в результате различных способов видообразования возникло огромное количество видов. Очень многие из них уже исчезли, став важным палеонтологическим объектом при изучении развития жизни на Земле.

По приблизительным подсчётам, описано более 2 млн видов, живущих в настоящее время. Было определено количество и уже вымерших видов, существовавших за всю геологическую историю Земли. Общее их число составляет от одного до нескольких миллиардов. Такое множество видов природа создала путём процесса видообразования.

Виды, живущие в современную эпоху, являются прямыми потомками лишь небольшой части видов, относящихся к более раннему периоду в истории Земли. Значительное число видов, некогда широко распространённых по земному шару, вымерло, не оставив после себя никаких потомков, но сохранившись в ископаемых формах.

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 биоценотических взаимодействий. Это даёт возможность объяснить вымирание отдельных видов и крупных групп организмов какими-то причинами общего характера.

Не менее важной причиной вымирания видов, особенно в последнее время, является разнообразная деятельность человека в природе. На совести человечества лежит исчезновение очень многих видов (рис. 108).

Масштабы уничтожения видов в настоящее время оказались столь грандиозными, что возникла угроза нарушения устойчивости биосферы.

Данное обстоятельство выдвинуло перед человечеством важнейшую задачу — сохранение генетического и видового разнообразия живого вещества планеты. Поэтому с 90-х годов XX века по линии ООН выполняется крупная международная программа, направленная на поддержание и сохранение биологического разнообразия как условия устойчивого развития биосферы и человечества.

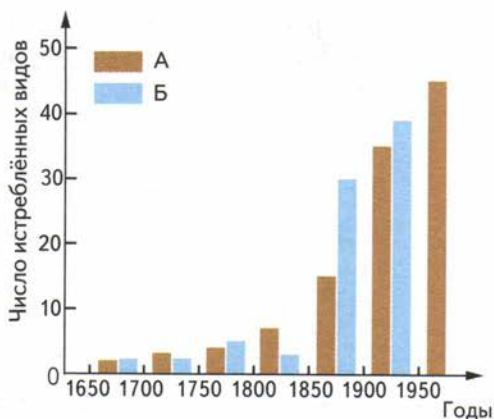


Рис. 108. Нарастание процесса истребления видов зверей (А) и птиц (Б) в XVII—XX веках

1. Возможно ли биологическое видообразование у географически обособившейся популяции? Обоснуйте свой ответ.
2. Каким образом у географически обособившейся популяции может происходить симпатрическое видообразование?
3. В каких случаях от одного исходного вида возникает несколько различных видов?
4. Почему вид называют качественным этапом эволюции, а популяцию — единицей эволюции?

Проверьте себя.

Что вы узнали из материала главы 9
«Вид и видообразование»?

Тренируемся

1. Охарактеризуйте вид как биосистему.
2. Сформулируйте определение понятия «популяция».
3. Какие функции в эволюции выполняет естественный отбор?

4. Сравните результативность естественного и искусственного отбора.
5. Перечислите элементарные факторы эволюции.
6. Какова роль дрейфа генов и волн численности в эволюции?
7. Назовите примеры популяций.
8. Как соотносятся между собой разные способы видообразования?
9. Укажите различие между понятиями «генотип» и «генофонд».

Выскажите свою точку зрения

1. Почему популяция, а не вид является единицей эволюции?
2. Почему естественный отбор является направляющим фактором эволюции?

Проведите наблюдения и установите

Проведите экспериментальное исследование действия естественного отбора.

Для этого поставьте опыт: в цветочный горшок (диаметром 5–7 см) с влажной почвой посейте 50 семян редиса (или капусты любого сорта). Присыпьте семена тонким слоем (0,5 см) почвы и поставьте горшок на свет. Следите, чтобы почва всегда была влажной.

Когда появятся всходы, сосчитайте, сколько проростков появилось. Подсчёт производите в последующем через каждые 3–4 дня. Результаты запишите в таблицу по схеме.

Дата наблюдения	Количество проростков	Количество погибших растений	Состояние растущих и погибших растений

Исследование завершите выводом о полученных результатах. Отметьте, на каком этапе погибло наибольшее количество проростков. Постарайтесь выяснить причины гибели растений.

Обсудите проблему

1. Какова роль дрейфа генов и волн численности в эволюции?
2. Как изоляция связана с другими эволюционными факторами?

Моя позиция

В законодательстве страны обязательно должны быть сформулированы меры по защите и сохранению генофонда ныне живущих видов.

Узнайте больше

- В Биологическом энциклопедическом словаре прочитайте статью «Популяция».
- Прочитайте в Интернете о микроэволюции и видообразовании на сайте <http://www.macroevolution.narod.ru>

Темы самостоятельных исследований

1. Примеры борьбы за существование в природе.
2. Вариативность в проявлении признаков морфологического критерия у одуванчика обыкновенного.

Темы рефератов

1. Роль человека в процессах миграции диких видов.
2. Популяции вида медведь бурый: география и биологические особенности.
3. Популяции вида слон африканский: многообразие и роль в природе.

Основные понятия темы

Вид, популяция, особь, критерии вида, микроэволюция, эволюционные факторы, экологическая ниша, генетическая система, генофонд, генотип, генетическая гетерогенность, мутации, изоляция, популяционные волны, борьба за существование, естественный отбор, искусственный отбор, движущий фактор эволюции, видообразование, макроэволюция.

Вспомните:

- значение видообразования в природе;
- способы видообразования;
- значение естественного отбора в органическом мире.

Видообразование — путь происхождения человека. Земля — единственная из девяти планет Солнечной системы, где в течение длительного периода времени возникло и сегодня продолжает существовать живое вещество. На определённом этапе развития нашей планеты возникли живые организмы, давшие начало всему многообразию различных видов. Знание механизмов протекания микроэволюции, первично вызывающей расхождение признаков — дивергенцию популяций и видов, обеспечивает понимание исторического хода развития эволюционных событий. Напомним, что дивергенция — это расхождение признаков организма в процессе эволюции на разные родственные линии, возникающие от общих предков.

Видообразование, естественный отбор, эволюция способствовали постепенному усложнению структуры организмов и увеличению количества различных видов, приспособленных к своей среде обитания. В результате взаимодействия эволюционных процессов на Земле появилось огромное разнообразие биологических форм, среди которых — чрезвычайно высокоразвитые формы жизни, такие как организм человека. Его формирование началось на определённом этапе эволюции и увенчалось появлением особого вида *Человек разумный (Homo sapiens)*.



Возникновение человека стало закономерным следствием микроэволюционного процесса видообразования в ходе развития живой природы.

Происхождение человека — это событие колоссальной важности, совершившееся на популяционно-видовом уровне организации жизни.

Место человека в системе живого мира. Становление и развитие вида Человек разумный в биосфере имеет свою историю, которая достаточно хорошо освещается в науке.

Доказано, что человек — выходец из животного мира, имеет своих предков и близких современных родственников среди животных — человекообразных обезьян.

В зоологической системе органического мира Человек разумный относится к классу *Млекопитающие*, отряду *Приматы*, в котором он входит в семейство *Гоминиды*, род *Человек* (или *Люди*).

Эволюция человека является частью истории развития приматов. Процесс становления человека начался много миллионов лет назад среди животных, обитавших в лесных биогеоценозах тёплых районов Земли. Предки человека, возможно, в силу ряда природных катаклизмов, вышли из лесных сообществ и стали компонентом открытых пространств — степных (саванновых) биогеоценозов миоцена.

Становление отряда приматов. Приматы — это группа плацентарных млекопитающих, приспособившихся к лазающему образу жизни. Большинство приматов — лесные теплолюбивые растительноядные животные.

Многие из приматов сохранили достаточно примитивную организацию — у них остались от предков стопохождение, пятипалая конечность, все типы зубов, относительно просто устроенная пищеварительная система и некоторые другие признаки. Очень важной особенностью приматов является их общественный (стадный) образ жизни.

Примерно 70 млн лет назад из популяции примитивных насекомоядных млекопитающих выделились ранние *приматы*. Они имели увеличенные полушария головного мозга, хорошо развитые органы зрения, слуха, осязания, были хорошо приспособлены к жизни на деревьях и жили небольшими группами.

Наиболее близкородственными отряду приматов считаются отряды шерстокрылов и насекомоядных, а также *тупайи*, обитающие ныне в тропических лесах Малайского полуострова и Филиппинских островов. Начиная с палеогена (то есть 65–60 млн лет назад) ведут своё начало сумеречные животные — *лемуры* и ночные — *долгопяты*, ныне обитающие в тропических лесах Старого Света и относящиеся к подотряду полуобезьян. От древних приматов в те давние времена возникли настоящие обезьяны — антропоиды (от греч. *anthropos* — «человек»).

Вероятно, обособление этой группы приматов от общего ствола произошло в связи с их переходом к дневной активности, сопровождавшейся усилением роли стереоскопического зрения, увеличением размеров тела, совершенствованием строения головного мозга и появлением в связи с этим общественных форм поведения.

В настоящее время, по одной из новых систем живых организмов, лемуры, руконожки и лори относят к обезьянам с влажным носом. Долгопятов и настоящих обезьян, в свою очередь, относят к подотряду обезьян с сухим носом. Однако традиционная система живых организмов разделяет отряд приматов на подотряды полуобезьян и антропоидов (настоящих обезьян).

Подотряд настоящих обезьян разделяется на группы широконосых и узконосых обезьян. Широконосые обезьяны, или обезьяны Нового Света, с середины кайнозоя обитают изолированно в Южной Америке. Узконосые

обезьяны, или обезьяны Старого Света, с давних времён широко распространены в тёплых районах Африки и Евразии.

Из древнейших обезьян Старого Света, по обнаруженным ископаемым остаткам, наиболее известен парапитек, близкий по уровню организации к низшим мартышкообразным обезьянам. Возможно, что эта группа была предковой для более развитых антропоидов. Существовавший примерно в те же времена антропоид — проплиопитек — многими учёными рассматривается как возможный предок современных гиббонов.

Среди достаточно разнообразных узконосых обезьян примерно 15–25 млн лет назад возник дриопитек, или древесная обезьяна, который, возможно, дал начало эволюционной ветви человекообразных, или антропоморфных, приматов.

В соответствии с традиционной системой органического мира, эта ветвь разделилась на две эволюционные ветви — семейство *Гоминиды* (Люди) и семейство *Понгиды* (Человекообразные обезьяны). Название гоминиды происходит от латинского *Homo* — человек, а понгиды — от латинского названия вида орангутана — *Pongo pygmaeus* (рис. 109).

Родственные отношения понгид и гоминид. До недавнего времени считалось, что ветвь эволюционного развития семейства Понгиды дала несколько видов современных человекообразных обезьян (орангутаны, гориллы и шимпанзе), а ветвь эволюции семейства *Гоминиды* привела к появлению только лишь человека. Однако в последнее время этот взгляд оспаривается многими учёны-

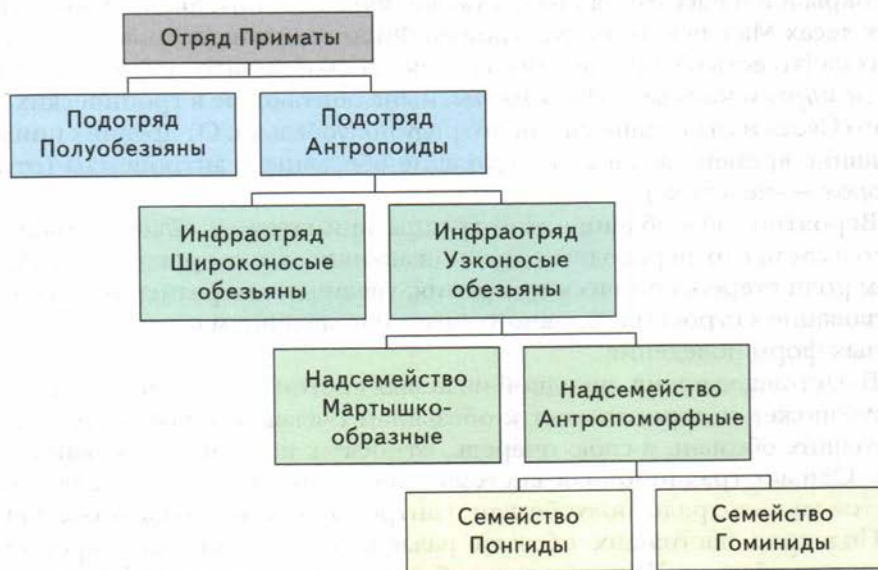


Рис. 109. Место гоминид в составе отряда приматов (традиционная система)

ми. В новых системах, основанных на молекулярном анализе ДНК, предлагается расширить состав семейства Гоминиды, включив в него наиболее близких к человеку человекообразных обезьян — шимпанзе и гориллу.

По данным изучения генома (совокупности генов половых клеток) человека и других приматов была предложена новая схема их родственных отношений (рис. 110).

На схеме видно, что расхождение эволюционных ветвей полуобезьян и обезьян произошло примерно 63 млн лет назад, узконосых и широконосых обезьян — 35 млн лет назад, ветвь антропоморфных обезьян обособилась 25 млн лет назад, примерно 14 млн лет назад от них отделились азиатские понгиды орангутаны. Расхождение эволюционных ветвей шимпанзе и человека произошло около 6–7 млн лет назад.

Учёные полагают, что общему предку человека и шимпанзе были свойственны хождение на двух ногах и всеядность. В 2000–2002 годах найдены и описаны два вида древних антропоморфных обезьян, живших около 6–7 млн лет назад в лесах Африки. Их назвали *сахелантроп* и *оррорин*. Оба передвигались на задних ногах и по строению были сходны как с человеком, так и с шимпанзе. Возможно, какой-то из этих видов и был тем самым предком, от которого отошла самостоятельная эволюционная ветвь людей. Многие учёные объясняют такое расхождение переселением предков человека на открытые пространства саванн с полным переходом к обитанию в наземном ярусе, в то время как предки шимпанзе остались в лесу, тяготея к древесному образу жизни.

Существует также оригинальная гипотеза о том, что в эволюции гоминид якобы был «водный» этап, когда наши предки большую часть времени проводили

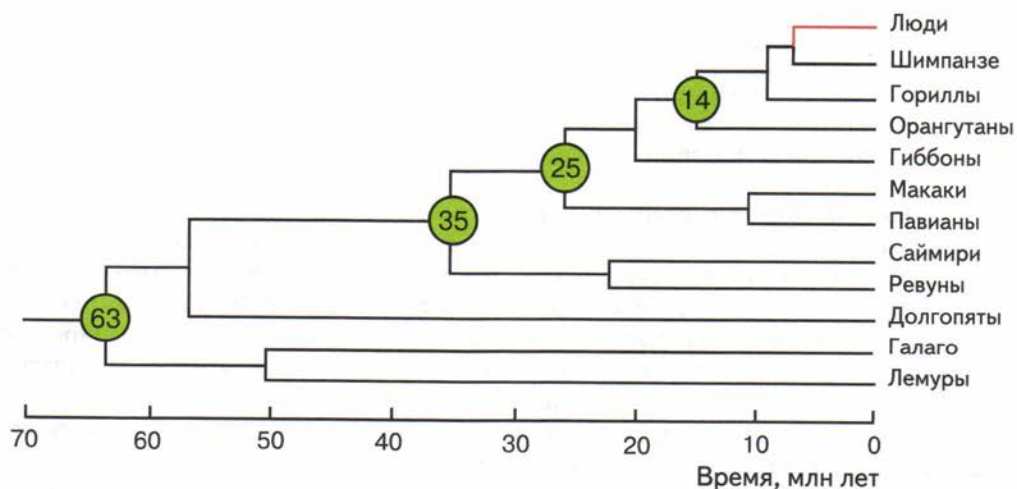


Рис. 110. Схема происхождения человека и обезьян по данным молекулярного анализа ДНК

ли у воды и в воде, подобно бегемотам или выдрам. Эта гипотеза имеет некоторые подтверждения, например: направленные вниз ноздри, плотно закрывающиеся глаза и губы человека способствуют плаванию в воде; отсутствие волос на теле и хорошо развитая подкожная жировая клетчатка свойственны многим водным млекопитающим; новорождённые дети хорошо плавают и ныряют. Некоторые исследователи даже пытаются объяснить «слишком выпрямленную» походку австралопитеков их приспособлением к хождению по дну водоёмов. Сходная выпрямленная походка иногда наблюдается у современных обезьян, заходящих в воду. Немаловажен и тот факт, что некоторые паразитические черви нападают на человека именно в воде, проникают через его кожу и затем поселяются во внутренних органах. Это значит, что паразитический червь и человек прошли долгую сопряжённую эволюцию, и при этом человек регулярно находился в воде.

Впрочем, достоверных палеонтологических подтверждений этой гипотезы пока не получила. Традиционно местообитанием древнейших гоминид считают открытые равнины — саванны, а также редколесья.

1. Охарактеризуйте место человека в системе органического мира.
2. Укажите место гоминид в отряде приматов.
3. Какие группы, кроме гоминид, входят в состав отряда приматов?
4. Почему орангутаны считаются более далёкими родственниками человека, нежели шимпанзе?

Вспомните:

- особенности представителей отряда приматов;
- различие между гоминидами и другими обезьянами;
- расхождение видов Человек и Шимпанзе.

Предшественники рода Человек. Находки антропологов на рубеже XX–XXI веков открыли много новых ступеней в эволюции человека. Наиболее вероятными предшественниками рода Человек (*Homo*) считаются южные обезьяны, или австралопитеки (от лат. *australis* — «южный» и *pithecus* — «обезьяна»), обитавшие в Африке в плиоцене — начале плейстоцена. Прежде некоторые учёные включали австралопитековых в состав понгид, но теперь большинство относит их к гоминидам. В настоящее время найдены и изучены ископаемые остатки нескольких сотен особей австралопитеков разных видов, разного пола и возраста, живших в разное время.

Все австралопитековые хорошо ходили на двух ногах и питались главным образом растительной пищей, хотя могли также поедать насекомых, мол-

люсков и других животных. Среди австралопитековых существовали разные группы (популяции, виды или роды), у одних тело было крупным и массивным (*парантропы*), у других — небольшое стройное тело (*грацильные австралопитеки*). Парантропы (*Paranthropus robustus*, *P. boisei*, *P. aethiopicus*) — боковая ветвь эволюции. Непосредственным предком австралопитеков считают ардипитека, а вот на роль вероятного предка человека претендуют несколько видов африканских гоминид: грацильные *австралопитек афарский*, *австралопитек африканский*, *австралопитек гари* и др. и недавно открытый *кениантроп плоскочищный* (рис. 111).

Австралопитековые долгое время (около 1,5 млн лет) обитали в Африке по соседству с уже появившимися людьми — представителями рода *Номо*. Однако австралопитековые полностью вымерли 1 млн лет назад. Причина их исчезновения не установлена. Возможно, предпосылкой к их вымиранию послужило начало ледникового периода, который в Африке сопровождался сильнейшими засухами и сокращением пищевых ресурсов.

В отличие от австралопитеков, изготавливавших орудия лишь из дерева и кости, сходные с простейшими деревянными орудиями, какие используют шимпанзе для добывания насекомых, люди (*Номо habilis*) к тому времени изготавливали каменные орудия и могли добывать больше животной пищи. Для древнейшего человека павшие от голода и обезвоживания или недоеденные хищниками животные могли быть важным источником питания. Кроме того, человек всегда селился рядом с крупными реками и озёрами, поэтому не страдал от жажды и мог активно использовать в пищу обитателей водоёмов и сочные части водных растений.

Этапы становления человека как вида.

Около 2,5 млн лет назад от одного из видов австралопитеков произошёл *Человек умелый* (*Номо habilis*). Возможно, именно с него началась история человеческого рода.

Процесс происхождения и становления человека как биологического вида носит название *антропогенез* (от греч. *anthropos* — «человек» и *genesis* — «происхождение», «возникновение»). В этом процессе выделяют четыре основных стадии: *протоантропы* — *архантропы* — *палеоантропы* — *неоантропы*.

Перечисленные четыре стадии не являются таксономическими и носят условный характер. Однако их применение очень удобно — оно упрощает обсуждение проблем антропогенеза, и потому эти термины востребованы.

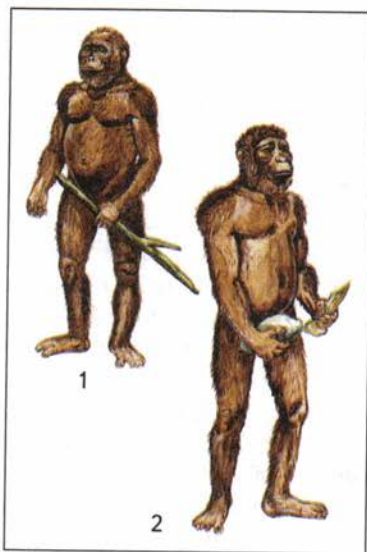


Рис. 111. Австралопитековые:
1 — австралопитек грациальный;
2 — австралопитек массивный

1. Стадия *протоантропов (предлюдей)*. Все вымершие африканские виды описаны по многочисленным находкам ископаемых остатков скелетов. Объём головного мозга — около 650 см³. Жили от 5 до 1,5 млн лет назад. Некоторые исследователи относят к протоантропам и наиболее древние виды людей, в том числе вид Человек умелый. Человек умелый жил в Африке от 2,5 до 1,5 млн лет назад, изготавливал простейшие каменные орудия — грубо обработанную гальку. Одновременно с ним существовали и другие виды рода *Номо*. Палеонтологические находки, относящиеся к протоантропам, именуют примитивной культурой раннего палеолита или олдувайской культурой.

2. Стадия *архантропов (древнейших людей)*. Вымершие виды, дошедшие до настоящего времени в виде ископаемых остатков скелетов. Найдены изготовленные ими примитивные орудия. Объём головного мозга — до 1000 см³. Жили от 2 млн до 27 тыс. лет назад. Большинство архантропов (*питекантроп*, *синантроп* и др.) относятся к виду *Человек прямоходящий (выпрямленный)* — *Homo erectus*. В число архантропов иногда включают *гейдельбергского человека* — *Homo heidelbergensis*. Его первые ископаемые находки (нижняя челюсть) были обнаружены в Европе, на территории Германии. К архантропам относят *Человека работающего (Homo ergaster)* и *Человека-предшественника (Homo antecessor)*. Последний обитал 1,2 млн лет назад на территории Северной Испании.

Архантропы создали развитую культуру раннего палеолита (ашельскую культуру). Они научились использовать огонь для обогрева и освещения пещер, служивших жилищем, для приготовления пищи и отпугивания хищных зверей. Возможно, архантропы владели примитивным речевым общением.

Архантропы первыми из людей вышли за пределы Африки и широко расселились по азиатскому континенту.

3. Стадия *палеоантропов (древних людей)*. Из палеоантропов на сегодняшний день изучен вид *неандерталец* — *Homo neanderthalensis*. Это вымерший вид, дошедший до нашего времени в виде ископаемых остатков скелетов. Найдены различные орудия труда, наскальные рисунки, остатки жилищ, стоянок и захоронений. Объём головного мозга — до 1500 см³. Жили неандертальцы от 350 до 28 тыс. лет назад. Неандертальцы не были предками современного человека, а представляли вершину боковой ветви на эволюционном древе гоминид, отделившейся около 800–600 тыс. лет назад. Предки неандертальцев покинули Африку и расселились за её пределами, главным образом в Европе.

Неандертальцы создали самостоятельную высокоразвитую культуру среднего палеолита (мустьерскую культуру). Среди причин вымирания неандертальцев называют низкую рождаемость, слабый иммунитет, истощение пищевых ресурсов в местах обитания и давление со стороны Человека разумного.

4. Стадия *неоантропов (новых людей)*. К неоантропам относится единственный вид Человек разумный — *Homo sapiens*. Он включает ископаемую форму людей анатомически современного типа, живших от 40–12 тыс.

лет назад (*кроманьонцы*) и ныне живущего человека. Объём головного мозга неоантропов — от 1800 см^3 (рис. 112).

История изучения древних гоминид. Знания людей об истории своего происхождения начали пополняться сведениями об их древних предках одновременно с развитием геологических и палеонтологических изысканий. Найдки ископаемых остатков гоминид заставляли ученых задуматься о доисторических предках человека.

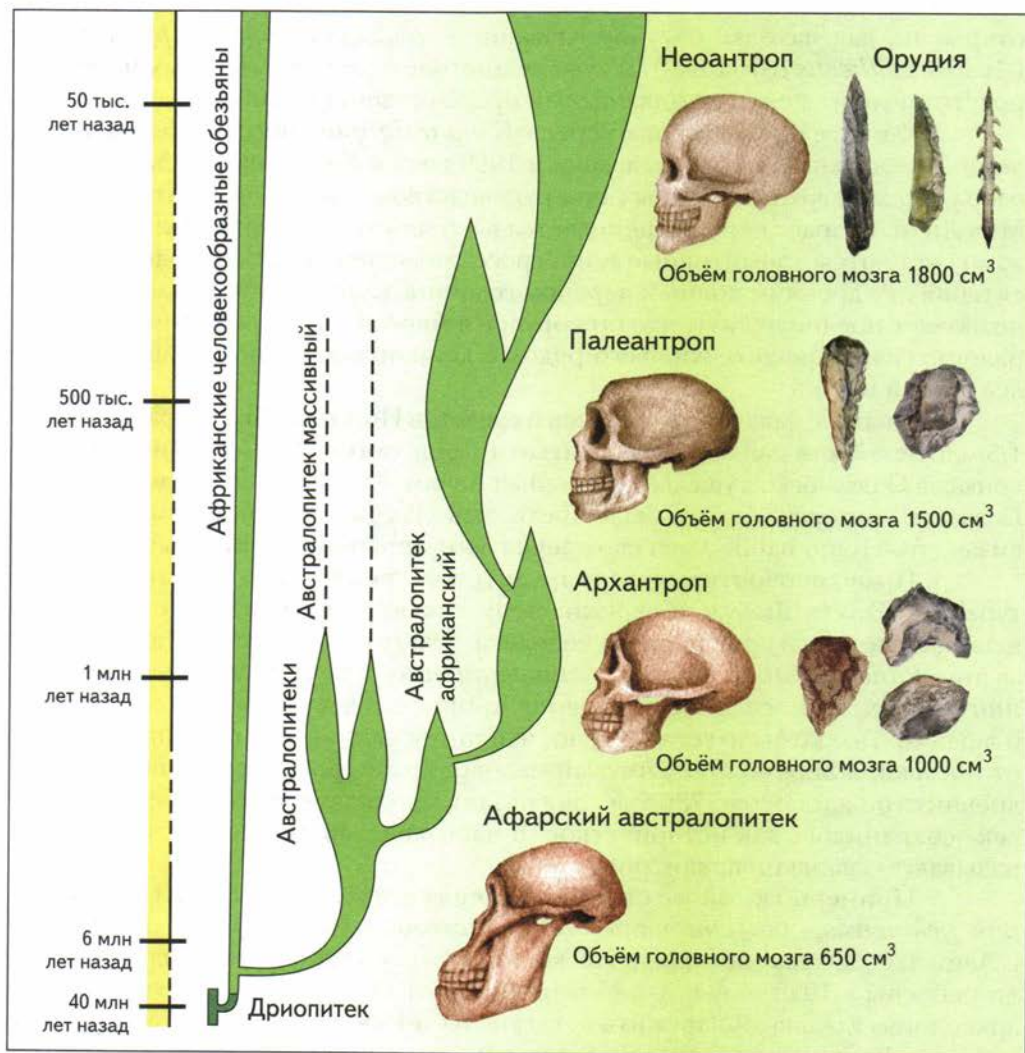


Рис. 112. Эволюция гоминид

Следует отметить несколько важных вех в изучении антропогенеза, связанных с определёнными находками окаменелостей и орудий человека.

1. Первая находка протоантропа (возрастом около 2,5 млн лет) была сделана в Южной Африке в 1924 году профессором анатомии Реймондом Дартом, преподавателем университета в Йоханнесбурге. Обнаруженный им череп детёныша австралопитека получил неофициальное название «малыш из Таунга» по названию города, из каменоломни которого учёному доставили окаменелости. Дарт немедленно опубликовал статью о своём сенсационном открытии, дав находке научное название — *австралопитек африканский* (*Australopithecus africanus*), и вызвал многолетние споры учёных по поводу родства человека с его африканскими предшественниками.

2. Удивительная находка черепа *Kenyanthropus platyops*, или *кениантропа плосколицего*, была сделана в 1999 году в Кении на западном берегу озера Туркана группой учёных под руководством профессора антропологии Мив Лики. Возраст черепа оценивается в 3,5 млн лет. В нём уникальным образом сочетаются примитивные и прогрессивные черты. Эта находка считается наиболее древним полным черепом гоминид. Строение зубов кениантропа позволяет предположить, что он кормился мягкой пищей, в отличие от австралопитека афарского, жившего рядом с кениантропом, но питавшегося более грубой пищей.

3. Впервые фрагменты черепов и скелетов *Homo habilis* (возрастом более 1,5 млн лет) были найдены знаменитым антропологом Льюисом Лики при раскопках в Олдувайском ущелье (Восточная Африка) в начале 60-х годов XX века. Название «человек умелый» было предложено Р. Дартом; тем самым он подчёркивал, что *Homo habilis* умел изготавливать примитивные каменные орудия.

4. Право первооткрывателя архантропа принадлежит голландскому натуралисту Эжену Дюбуа, обнаружившему в октябре 1891 года на острове Ява ископаемые кости древнейшего человека. Этому виду людей Э. Дюбуа дал название *Pithecanthropus erectus* — *питекантроп прямоходящий*, или *обезьяночеловек*, как связующему эволюционному звену между обезьянами и людьми. Позже было установлено, что питекантроп — не переходное звено от обезьян, а вполне продвинутый человек-архантроп, причём не из самых древних (он жил около 780 тыс. лет назад), однако название «обезьяночеловек» сохранилось как историческое. В настоящее время питекантропа чаще называют «яванский архантроп».

5. Примерно к той же стадии антропогенеза можно отнести *Sinanthropus pekinensis*, или *синантроп пекинского*, — архантропа, обитавшего в Азии 220–580 тыс. лет назад. Несколько фрагментов черепа синантропа были найдены в 1929 году в Китае неподалеку от Пекина, в последующие годы археологам удалось обнаружить остатки ещё 14 индивидуумов. К сожалению, во время Второй мировой войны все находки синантропа были утрачены — это считается одной из самых больших научных потерь XX века.

6. Большое историческое значение имеет первая ископаемая находка *Homo heidelbergensis*, или *гейдельбергского человека*, жившего около 500 тыс. лет назад. Нижняя челюсть гейдельбергского человека с хорошо сохранившимися зубами была обнаружена в 1907 году на территории Герма-

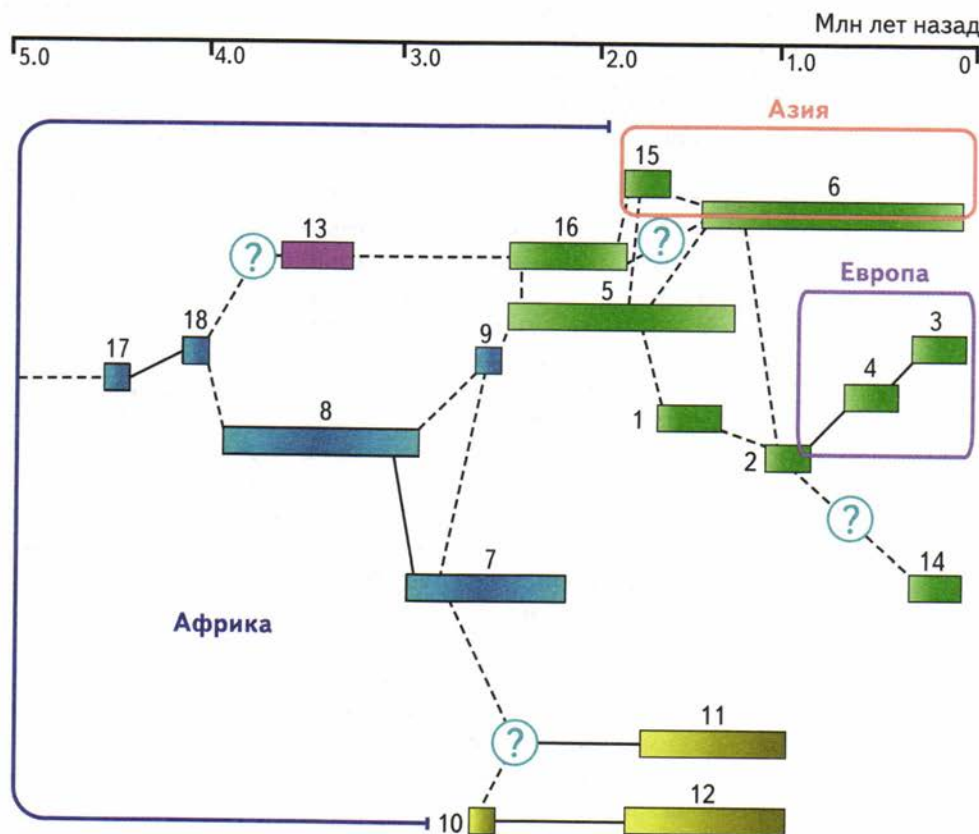


Рис. 113. Известные науке виды гоминид и периоды существования их во времени (по материалам сайта Смитсоновского института, 2007 г.): 1 – Человек работающий (*Homo ergaster*); 2 – Человек-предшественник (*Homo antecessor*); 3 – неандерталец (*Homo neanderthalensis*); 4 – гейдельбергский человек (*Homo heidelbergensis*); 5 – Человек умелый (*Homo habilis*); 6 – Человек прямоходящий (*Homo erectus*); 7 – австралопитек африканский (*Australopithecus africanus*); 8 – австралопитек афарский (*Australopithecus afarensis*); 9 – австралопитек гари (*Australopithecus garhi*); 10 – парантроп эфиопский (*Paranthropus aethiopicus*); 11 – парантроп массивный (*Paranthropus robustus*); 12 – парантроп бойсей (*Paranthropus boisei*); 13 – кениантроп плосколицый (*Kenyanthropus platyops*); 14 – Человек разумный (*Homo sapiens*); 15 и 16 – малоизученные представители рода *Homo*; 17 и 18 – малоизученные представители австралопитековых; ? – неуточнённый представитель; --- предполагаемые пути эволюции; — уточнённые пути эволюции

нии около деревни Мауэр, неподалеку от города Гейдельберга. В настоящее время большинство учёных считают гейдельбергского человека непосредственным предком неандертальца.

7. Первыми остатками палеоантропа — *неандертальца* — признают череп и другие кости древнего человека, найденные школьным учителем Иоганном Фулроттом в 1856 году в Германии в долине реки Неандер (Неандерталь) неподалеку от Дюссельдорфа. Предполагаемый возраст находки — 40–50 тыс. лет. Долгое время учёные не признавали неандертальца древним человеком и считали его современным человеком с грубым телосложением и дефектами развития.

8. Ископаемые остатки *неоантропа* — *кроманьонца* (человека современного анатомического типа) — были впервые найдены в Европе в 1868 году в пещере Кро-Маньон во Франции. Предполагаемый возраст находки — 30 тыс. лет. В исследованном захоронении были найдены кости шести человек, среди них лучше всего сохранились кости черепа и скелета мужчины зрелого возраста (около 50 лет), современной морфологии.

9. Памятники культуры Кловис — наиболее древней известной культуры на территории Америки, датируемой возрастом около 13 тыс. лет, впервые были обнаружены девятнадцатилетним местным жителем Риджли Уайтменом неподалеку от города Кловис в штате Нью-Мексико в 1929 году. Наконечники копий культуры Кловис отличаются особой формой у основания, которая облегчала их насаживание на древко копья. Подобная техника была неизвестна палеолитическим обитателям Старого Света, и можно полагать, что она представляла собой самое первое американское изобретение.

Перечисленные находки имеют большое научное значение, однако это только небольшой список открытий в области палеоантропологии. Всё новые и новые сведения о предках человека становятся достоянием общества благодаря работам многих учёных — палеоантропологов, археологов, молекулярных генетиков, биохимиков и многих других.

На рисунке 113 представлена одна из современных версий эволюции гоминид, разработанная авторами по материалам сайта Смитсоновского института. Длина широких цветных полос показывает время и длительность существования видов гоминид на Земле. Согласно этой версии в истории антропогенеза австралопитековые и ранние виды рода Человек долгое время существовали совместно.

1. Охарактеризуйте роль микроэволюции в процессе происхождения человека.
2. Что могло быть причиной вымирания неандертальцев?
3. Кого из древних приматов считают первой предковой группой человека?
4. Рассмотрите рисунок 113 и установите период совместного существования австралопитековых и людей.

Вспомните:

- морфологические отличия людей на разных этапах эволюции;
- от кого произошли люди;
- особенности деятельности предков человека на разных этапах его эволюции.

История становления вида Человек разумный. Считают, что вид Человек разумный (неоантроп) сформировался в Африке около 200 тыс. лет назад и через некоторое время начал расселяться за пределами родного континента. Однако почти никаких данных о более древних неоантропах пока ещё не обнаружено, практически нет сведений и об остальных африканских гоминидах в промежутке времени от 1 млн до 200 тыс. лет назад. Древнейшие находки неоантропов в Африке датируются возрастом 195 тыс. лет; в Западной Азии — более 90 тыс. лет. Примерно 55–60 тыс. лет назад неоантропы уже обитали в Южной, Юго-Восточной Азии и в Австралии; 45–40 тыс. лет назад они заселили Европу, 22–14 тыс. лет назад — Америку. В Евразии они приходили не на пустые земли, а на территории, где жили другие виды людей из предыдущих миграционных волн, однако примерно 28 тыс. лет назад Человек разумный остался единственным видом людей на нашей планете.

Особенности эволюции Человека разумного. Характерной чертой антропогенеза является однонаправленность эволюционных преобразований, связанных с постепенным, но гармоничным развитием у предков человека комплекса биологических особенностей. Процесс возникновения современного вида человека носит название *сапиентация*. Он заключается как в биологической перестройке, так и в социокультурном прогрессе.

Общая закономерность эволюции человека выражалась в увеличении размеров головного мозга. При этом особенно быстрыми темпами шла эволюция тонких структур головного мозга и коры больших полушарий. Этому, вероятно, способствовало развитие руки и трудовых навыков, совершенствование коллективного образа жизни и речи. Особенности строения челюстных и подъязычных костей ископаемых неоантропов указывают на то, что они, вероятно, владели членораздельной речью с достаточно высоко развитой артикуляцией.

Человек разумный, в сравнении с другими представителями рода *Номо*, отличается значительным развитием лобного отдела коры головного мозга, необычайно высокой способностью верхней конечности (руки) к тонкому манипулированию в выполняемых действиях, а также очень длительным периодом развития индивидуума с выделением особого периода «подростковости». Подростковый период, как предполагается, был необходим для полноценного

интеллектуального развития сапиенсов, отличавшихся от других гоминид самым сложным поведением, передачей опыта и социальной организацией.



Эволюционное возникновение Человека разумного — это крупнейшее событие на Земле, в качественном отношении не имеющее себе равных.

Низкий уровень орудийной деятельности архантропов в процессе антропогенеза сменился у палеоантропов и неантропов быстрым ростом культуры вследствие перехода от «человеческого стада» к общине. Жизнь в общинах привела к появлению новой социальной среды. Её возникновение стало необратимым, и социальные факторы (речь, общение, забота о близких, совместная охота, обмен опытом, защита от опасностей, постройка жилищ, приготовление пищи и пр.) оказали непосредственное воздействие на антропогенез. Популяции, лучше изготавливавшие и использовавшие орудия, тёплую одежду из шкур, надёжные жилища, научившиеся создавать запасы пищи, выживали даже в самых суровых условиях. Другие же популяции людей, которые не смогли противопоставить неблагоприятным природным условиям какие-то свои изобретения и не научились ничему новому у более «продвинутых» сородичей, постепенно вымирали.

В борьбе за существование получали преимущество те группы и племена (популяции), в которых сохранялся и передавался от поколения к поколению опыт изготовления орудий, поиска мест охоты и нужных растений, ориентировки на местности. Этому способствовала забота о стариках, ибо они сохраняли опыт, ценный для племени. Если у ранних австралопитеков в основном действовал естественный отбор особей на лучшее владение руками и более искусную орудийную деятельность, то у человека умелого в отборе уже значительное место занимали социальные факторы, в частности на подавление у особи своего собственного интереса в пользу интересов общины и на накопление общественного опыта.

Особенности питания гоминид. Интересные предположения высказываются учёными в отношении питания гоминид. При помощи новейших методов был проведён анализ состава стабильных изотопов углерода в зубной эмали австралопитековых, а также ряд других исследований. В результате было установлено, что роль животной пищи (в основном мяса травоядных животных — обитателей саванн) в рационе гоминид неуклонно росла, по крайней мере начиная с австралопитека афарского, жившего 3,5 млн лет назад. Уже в те времена австралопитековые потребляли примерно одинаковое количество растительной и животной пищи. Были также приведены данные об использовании пресноводной рыбы и моллюсков в питании наших далёких предков. Предполагается, что увеличение доли такой пищи в их рационе способствовало развитию мозга.

Ещё одним из важных факторов в эволюции предков человека называют их тяготение к питанию подземными частями растений, богатыми запас-

ным крахмалом (клубнями, корневищами, луковицами). Эта пища лучше снабжала организм глюкозой, которая требовалась всё в больших и больших количествах увеличивающемуся и развивающемуся мозгу. Считается, что растительную пищу в древних сообществах людей преимущественно собирали женщины и дети, взрослые мужчины добывали мясную пищу, а поедали всё совместно. Такое разделение труда способствовало укреплению внутриплеменных связей, развитию толерантности и альтруизма.

Проблема границы между человеком и другими приматами. В антропологии длительное время обсуждается вопрос: что считать главным отличительным признаком человека от других антропоидов?

На протяжении многих десятилетий большинство учёных сходились во мнении, что главным отличительным признаком человека от других антропоидов является наличие определённой культуры в изготовлении и использовании им орудий труда. Характер обработки каменных орудий позволял отнести палеолитических людей к носителям той или иной культуры — олдувайской, ашельской, мустьерской, ориньякской и других (рис. 114).

Однако при изучении австралопитековых были получены данные о том, что они, возможно, тоже изготавливали орудия, но не из камня, а из костей, зубов и рогов животных. Предлагалось даже признать их носителями особой культуры. Исследования поведения шимпанзе в дикой природе показали, что эти человекообразные обезьяны часто изготавливают специальные деревянные палочки для извлечения насекомых из термитников, мелких животных из дупел деревьев, причём техника их изготовления неодинакова в разных семейных группах приматов. Возможно, следует признать такую деятельность шимпанзе также зачатком культуры.

Для того чтобы провести чёткую границу между предчеловеком и человеком, было предложено считать людьми только тех гоминид, которые при изготовлении орудий использовали другие орудия, в отличие от протоантропов, изготавливавших костяные или деревянные орудия при помощи ногтей и зубов.



Рис. 114. Чопперы и другие орудия труда, относящиеся к разным культурам палеолита (каменного века)

Наличие определённой культуры изготовления орудий считают одним из признаков отграничения Человека умелого от австралопитековых.

Однако следует заметить, что такой подход ставит *Homo habilis* в промежуточное положение между протоантропами и архантропами, так как свои крайне примитивные каменные орудия — чопперы — он мог изготавливать, взяв круглый окатанный камень в одну руку и ударив им несколько раз о большой валун или край скалы. Остаётся открытым вопрос: можно ли в данном случае считать, что Человек умелый изготавливал свои каменные орудия при помощи других орудий?

Хождение на двух ногах, или бипедия. Учёные признают прямохождение на двух ногах одним из достаточно надёжных признаков, позволяющих установить принадлежность ископаемых остатков приматов к группе гоминид. Двуногое хождение было характерно для всех австралопитековых и людей. Происхождение бипедии пока точно не выяснено. Называют множество причин, которые могли способствовать развитию двуногости. В частности, это могло быть вызвано передвижением среди высоких зарослей травы и кустарников — вытянувшись вертикально вверх для лучшего обзора. Возможно, двуногая походка для древних гоминид оказалась энергетически более выгодной, чем четвероногая.

Сделано интересное предположение и о том, что наши предки были вынуждены ходить на двух ногах из-за того, что передние конечности у них были заняты ношением беспомощных детёнышей. У большинства обезьян детёныши вскоре после рождения уже могут самостоятельно держаться за тело и шерсть матери и других сородичей. У человекообразных обезьян детёныши гораздо дольше остаются беспомощными, однако лесной древесный образ жизни не требует от них переходов на большие расстояния. Далёким предкам гоминид, обитавшим на открытых пространствах, приходилось перемещаться далеко и быстро, как и всем млекопитающим саванн и степей, и при этом переносить с собой потомство. Вполне вероятно, что они несли своих детей при помощи передних конечностей, то есть на руках.

Редукция волосяного покрова на теле человека. Кожа человека имеет важные функциональные отличия от кожи других приматов: в ней имеются многочисленные потовые железы, через которые может выделяться большое количество воды, и редуцирован волосяной покров, препятствующий быстрому испарению воды. Основная часть антропогенеза прошла в жаркой и довольно сухой части африканского континента, поэтому человек обладает мощной физиологической защитой от высокой температуры и сухости окружающей среды. Увлажнённая кожа сохраняет свою эластичность и достаточно хорошо охлаждается даже в самую сильную жару, поэтому человек может вести активный образ жизни под палящим зноем в дневное время суток, когда хищные животные и конкуренты по питанию прячутся в тени. В научно-популярной

литературе такому человеку даже присвоено название «полуденный хищник».

Различия в строении зубного аппарата. Из основных морфологических различий человека и других приматов следует отметить очертания зубного аппарата. У ближайшего родственника человека — шимпанзе — зубы располагаются параллельными рядами, образующими как бы две стороны прямоугольника. Челюсть человека всегда имеет округлые очертания, и этот признак появляется на самых древних этапах эволюции (рис. 115).

У архантропов, которые жили более миллиона лет назад, зубная дуга была изогнута почти так же, как и у современного человека.

В верхней челюсти обезьян имеется диастема — свободный промежуток между клыками и ближайшими резцами, а у человека клыки и резцы обычно плотно сомкнуты. Кроме того, у шимпанзе проявляется половой диморфизм в строении зубов — у самцов они более крупные, чем у самок, а у человека половой диморфизм в отношении зубов отсутствует.

Таким образом, находки остатков древних гоминид, состоящие из одних только фрагментов челюсти с зубами, позволяют с определённой долей уверенности установить их место на эволюционном древе человека.

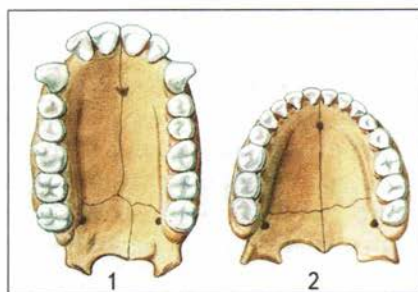


Рис. 115 Верхняя челюсть человекообразной обезьяны (1) и человека (2)

1. Назовите общую закономерность в эволюции человека.
2. Какие особенности поведения повышали жизнестойкость популяций гоминид?
3. В чём проявляется особенность эволюции вида Человек разумный?
4. Когда и где возник Человек разумный?

Вспомните:

- что такое популяция;
- когда начался антропогенез;
- особенности предков человека на разных этапах его эволюции.

Популяционные основы антропогенеза. Важным для понимания антропогенеза является тот факт, что элементарной единицей биологической эволюции служит популяция. Это значит, что общие предпосылки возникновения

вида Человек разумный формировались путём микроэволюции определённых видов предков.

В этой связи возникает вопрос: как могло хватить времени для эволюционного создания ошеломляющих по специфичности свойств человека — сложного строения, поведения, мышления и сознания? Если полезные мутации столь редки, а естественный отбор осуществляет постоянную выбраковку, то сколь велики и разнообразны (гетерогенны) должны быть популяции для того, чтобы эти маловероятные события всё же реализовались. Как оказалось, материала для эволюции и становления вида Человек разумный хватало. Это доказывается прежде всего самым фактом существования биосферы со всем многообразием её биологических видов и природных условий, способствующих дивергенции ветвей приматов, а затем и дивергенции гоминид.

Некоторые учёные полагают, что 3–9 млн лет назад на Земле шли бурные тектонические процессы, горообразование и землетрясения. Это привело к обнажению из недр урановых руд и повышению уровня ионизирующей радиации в Восточной Африке. Поэтому некоторые учёные высказывают предположение, 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 дальнейшего видообразования и эволюции.

Социальные свойства 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. Все большую роль в антропогенезе стали играть *социальные факторы*. В этом отношении исторический процесс эволюционного становления человека *качественно* отличается от эволюции других видов организмов, так как в нём действовали не только биологические, но и социальные факторы. Благодаря биосоциальности, Человек разумный как вид на последних стадиях антропогенеза практически вышел из-под контроля естественного отбора — возник вид качественно новых существ с *биосоциальными свойствами*. Такими свойствами обладает единственный вид биосферы — Человек разумный.

Человек — существо биологическое и социальное.

Биологические свойства человека изменяются достаточно медленно (миллионы, тысячи лет), а социальные свойства — гораздо быстрее (столетия, годы). Этим обусловлено большое разнообразие самоорганизации цивилизационных процессов человечества.

Социальные факторы послужили прорывом в принципиально новую адаптивную среду, что давало огромные преимущества в выживании 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. В то же время он принципиально отличается от всех других видов живых организмов. Эти отличия заключаются в социальных свойствах человека, таких как 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 создаёт культуру, материальные и духовные ценности и наследует культурные традиции. Многочисленные находки артефактов (то есть искусственно созданных) свидетельствуют об огромной созидательной, творческой деятельности Человека разумного.

Социальная среда и фонд материальной культуры, опосредующие взаимоотношения людей с внешним миром, позволяют человеку приспосабливаться к изменениям внешних условий, сохраняя свои основные биологические характеристики.

Важной особенностью эволюции человека явилась его способность противостоять неблагоприятным воздействиям окружающей среды при помощи технологических достижений (использование огня, построение жилищ, совместная охота, изготовление орудий труда и др.). Таким путём постепенно уменьшалось давление естественного отбора, однако полностью он не исчез. И в наше время естественный отбор продолжает влиять на человека, хотя и не так сильно, как когда-то в дикой природе. На современных людей воздействуют как естественные факторы (инфекционные и паразитарные заболевания, груз неблагоприятной наследственности, перемены климата, солнечная радиация) так и последствия их собственной деятельности (загрязнение окружающей среды, употребление генетически модифицированных продуктов и сильнодействующих лекарственных препаратов, повседневные стрессы и многие другие антропогенные факторы). Возможно, через несколько поколений облик Человека разумного будет несколько другим, не таким, как сегодня.

Межвидовое взаимодействие гоминид. Важную роль в становлении Человека разумного сыграли его контакты с другими видами гоминид. Эволюция человека не была «линейной», когда виды людей последовательно сменяли друг друга. Наоборот, люди разных видов, с разным уровнем развития культуры тысячелетиями жили рядом друг с другом. Ранние виды людей, вполне возможно, «соревновались» в борьбе за существование. Конкуренция, возникавшая между соседствовавшими видами, могла стимулировать у них развитие мышления, культуры, технологий.

Учёные считают, что встреча и поселение рядом в Европе около 40–45 тыс. лет назад двух видов людей — неандертальца и сапиенса могли дать

мощный толчок к развитию обоих видов, который привёл к появлению новых орудий труда, предметов быта и украшений с высокой техникой исполнения. Сапиенсы, пришедшие из Африки в Евразию, могли жить по соседству и с неандертальцами, и с реликтовыми архантропами типа эректуса, и ещё с какими-нибудь другими, пока не открытыми видами людей.

В настоящее время точно не известно, происходило ли скрещивание людей-пришельцев с аборигенными видами. Некоторые учёные считают, что обмен генами между различными ветвями человечества происходил на всём протяжении его истории. Высказываются предположения о том, что все вышедшие за пределы Африки представители рода *Homo* — не отдельные виды, а подвиды и популяции (наподобие современных рас) одного вида *Homo sapiens*, сохранившего целостность благодаря регулярному обмену генетическим материалом. Однако большинство антропологов склоняются к мнению, что на протяжении последних 120 тыс. лет вид Человек разумный развивался генетически изолированно от других видов гоминид.

Пути расселения неоантропов по Земле. В ведущих палеоантропологических школах выдвигаются достаточно серьёзно обоснованные гипотезы о путях распространения неоантропа по планете. Создаются компьютерные модели этого процесса с привлечением данных о господствовавшем тогда климате, географии, природных катаклизмах.

Рассмотрим одну из таких реконструкций миграционных путей человека, предложенную в 2003 году профессором Оксфордского университета Стефеном Оппенгеймером (рис. 116).

Выход из Африки. Предположительно 200 тыс. лет назад в Восточной Африке существовал вид *Homo sapiens*, который уже имел сходные черты с современными людьми — отсутствие сильно выступающего затылка, большого надбровного валика, при этом очень большой мозг и выступающий подбородок. Около 160–135 тыс. лет назад неоантроп начал расселяться по Африке, достигнув восточного, южного и западного побережья континента (рис. 116, А). В те годы природные условия в Африке сильно отличались от современных. Значительную часть континента занимали дождевые леса, редколесья, кустарниковые заросли. Территория Сахары и других современных пустынь была покрыта травой и служила огромным пастбищем для многочисленных травоядных животных. Древние охотники могли добывать достаточно дичи для пропитания, численность людей росла, они осваивали всё новые и новые места для жизни. С тех давних пор здесь сохранились некоторые племена людей (пигмеи и др.), характеризующиеся наличием особых генов, не встречающихся больше нигде на планете.

Около 90 тыс. лет назад неоантроп вышел за пределы Африки и начал расселяться по Юго-Восточной Азии (рис. 116, Б). Климат на планете к тому времени стал значительно более суровым. Огромные пространства от западных окраин Африки до северо-востока Евразии превратились в безводную

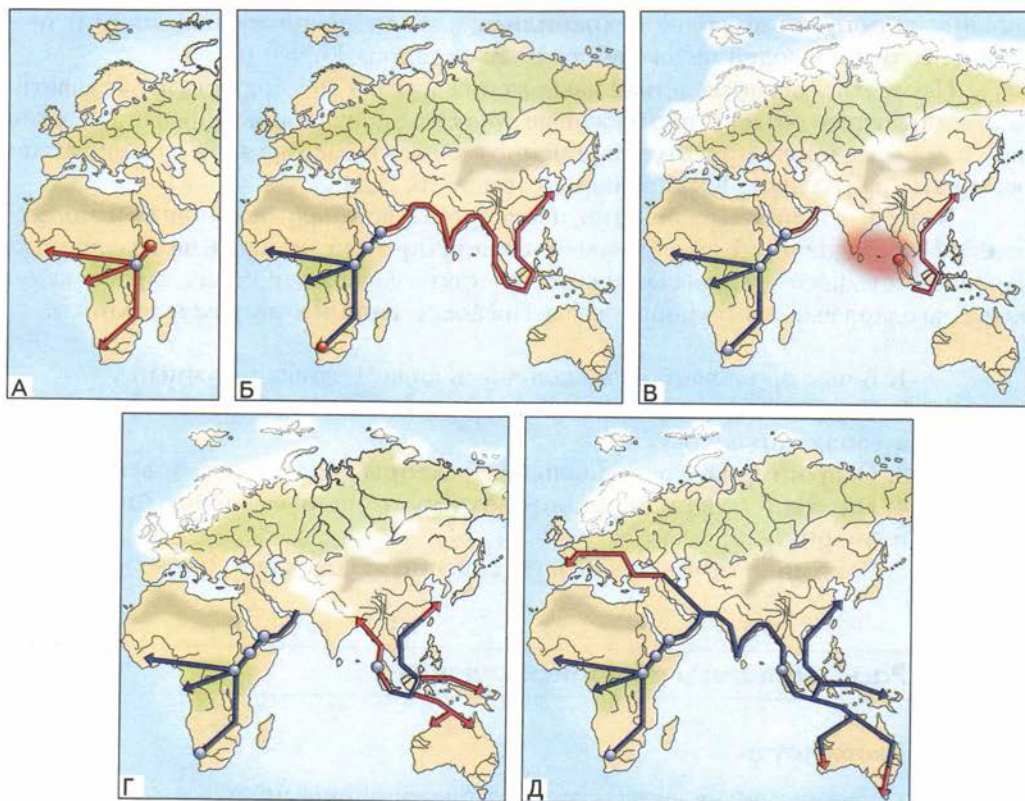


Рис. 116. Территории расселения *Homo sapiens* (А–Д)

пустыню. Поэтому предполагают, что в те годы неантроп преимущественно селился вблизи морского побережья. Считают, что основным способом добычи пропитания сапиенса в те времена был сбор съедобных моллюсков и других морепродуктов, выброшенных на берег морским прибоем или оставшихся во время отлива. Таких людей называют береговыми собирателями.

Извержение вулкана Тоба. Примерно 74 тыс. лет назад произошла глобальная катастрофа — невероятной силы извержение гигантского вулкана Тоба, расположенного на острове Суматра. Огромная территория Индийского полуострова и окрестностей оказалась погребённой под мощным слоем вулканического пепла, достигавшим шестиметровой толщины. Учёные считают, что облака вулканической пыли несколько лет оставались в высоких слоях атмосферы, спровоцировав малый ледниковый период. Практически всё живое в этих местах было уничтожено (рис. 116, В). Предполагают, что в результате этого природного катаклизма численность людей резко упала до критического уровня — наши предки оказались на грани вымирания. Однако аф-

риканские популяции людей сохранились, а также, возможно, выжили и небольшие группы людей на юго-восточных окраинах Евразии.

После того как последствия извержения вулкана Тоба перестали оказывать ограничивающее воздействие на живые существа, неолиты вновь стали заселять эти места, продвигаясь одновременно с запада и востока. Они начали также осваивать Австралию и Южную Европу (рис. 116, Г, Д).

В последующие тысячелетия неолиты занимали всё новые и новые земли. На сегодняшний день на нашей планете почти не осталось незаселённых людьми мест. Даже в суровых условиях Антарктиды человек может жить и работать благодаря высокому уровню развития современной культуры и техники.

1. В чём проявляется уникальность вида Человек разумный?
2. Когда естественный отбор перестал быть ведущим фактором в эволюции человека?
3. Охарактеризуйте социальные факторы эволюции человека.
4. На какой стадии антропогенеза произошло заселение Австралии и Америки?
5. Какими путями началось расселение человека по Земле?

§ 64

Расы и гипотезы их происхождения

Вспомните:

- почему многие виды называют полиморфными;
- где произошло становление вида Человек разумный;
- каковы пути расселения человека по Земле.

Освоение новых территорий. Примерно 40 тыс. лет назад природные условия на территории Старого Света и Австралии стали наиболее благоприятными для существования растительного и животного мира и для жизни племён людей — охотников. Огромные пространства вновь покрылись лесами. Непроходимые в прошлом пустыни превратились в богатые пищей степи. Люди начали активно заселять эти обширные территории, в результате чего 25 тыс. лет назад сапиенс уже занимал значительную часть Евразии и вплотную подошёл к её северо-восточным границам (рис. 117).

Примерно 22–25 тыс. лет назад Евразия и Северная Америка были соединены временным «Беринговым мостом» — сушей, образовавшейся вследствие понижения уровня Мирового океана. Именно тогда первые люди могли проникнуть на территорию Северной Америки (достигнув побережья Атлантики), хотя значительная часть Североамериканского континента уже была покрыта ледником.

В последующие тысячелетия на нашей планете начался последний ледниковый период, достигший максимума примерно 18 тыс. лет назад. Северные племена людей отступали под действием ледника на более южные территории, однако многие продолжали жить в местах с холодным климатом. В те времена люди уже обладали достаточно высоким уровнем культуры (культура верхнего палеолита), они охотились на зверей не только для добывания мяса, но и ради шкур, из которых изготавливали тёплую одежду.

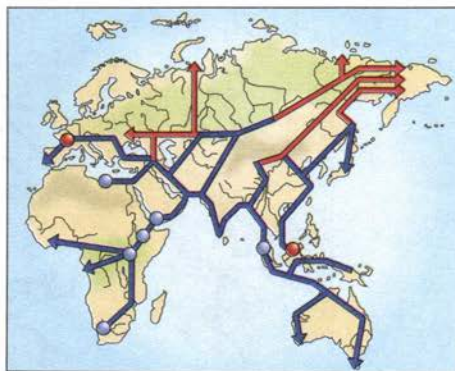


Рис. 117. Основные направления расселения неантропов (25 тыс. лет назад)

Примерно 15 тыс. лет назад ледник отступил настолько, что люди вновь стали осваивать северные территории Евразии и начали активно заселять Северную Америку. Из древних североамериканских поселений наиболее известны памятники культуры Кловис, датируемые возрастом 13 тыс. лет (рис. 118).



Рис. 118. Памятники культуры Кловис: каменные наконечники копий, обнаруженные при раскопках в штате Техас (США)

Верхнепалеолитические культуры начинают сменяться более развитыми культурами мезолита (среднего каменного века). Критерием раздела культур палеолита и мезолита для археологов служит появление в мезолите более совершенных орудий труда, употребление в качестве материала для изготовления орудий костей, рогов и бивней, специализация и дифференциация орудий, изобретение лука и стрел.

Дальнейшее потепление (8–10 тыс. лет назад) привело к так называемому температурному оптимуму, когда климат на нашей планете стал более тёплым, чем современный. Это позволило неантропу широко распространиться по всей планете и освоить совершенно новые виды деятельности, такие, как скотоводство и земледелие (рис. 119).

Новая эпоха получила название «неолит», или «новый каменный век». Эпоха неолита отмечена высоким развитием искусства шлифования и сверления камней, появились первые керамические изделия из обожжённой глины, были изобретены прядение и ткачество, парус, колесо, окультурены многие растения и одомашнены животные.

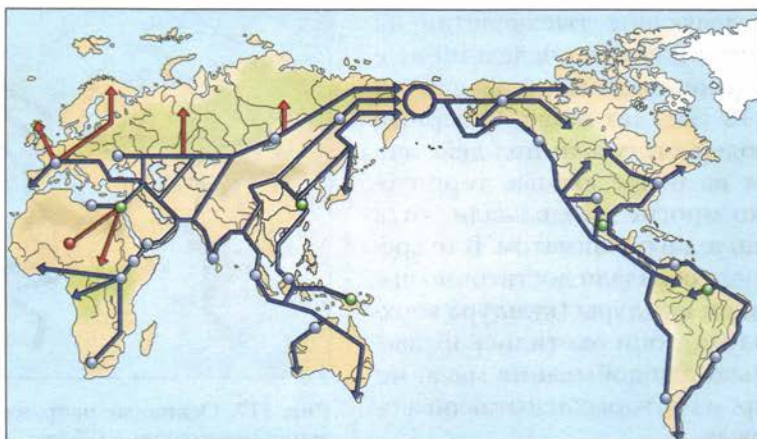


Рис. 119. Территории распространения людей в эпоху неолита (8–10 тыс. лет назад)

К этому времени люди во многих местах планеты уже начали переходить к оседлому образу жизни. Стали строить дома, разводить скот и распахать землю под посевы. Социальная среда и фонд материальной культуры всё больше опосредуют взаимоотношения людей с внешним миром и позволяют человеку успешнее приспосабливаться к изменениям внешних условий, не изменяя своих основных биологических свойств.

Расы людей. В настоящее время на Земле существует много различных человеческих племён и народов, различающихся не только культурой, но и морфологическими признаками. Хотя современное человечество и принадлежит к одному единственному виду *Homo sapiens*, но этот вид является полиморфным, так как имеет несколько различных внутривидовых групп, получивших название *расы* (от фр. *rase* — «порода»).

Термин «раса» предложил в 1684 году французский учёный Франсуа Бернье.

Расы по своему происхождению соответствуют подвидам, то есть крупным аллопатрическим (географическим) популяциям, которые складывались в различных областях видового ареала при значительной обособленности от других подвидов. Каждая раса — это исторически сложившаяся внутривидовая группа людей, состоящая из популяций вида Человек разумный и обладающая сходными морфофизиологическими и психическими признаками. Основные факторы расообразования — это приспособление к условиям среды (адаптация), изоляция (географическая или социокультурная), метизация (гибридизация с представителями других рас) и автогенетические процессы (дрейф генов, половой отбор).

Каждой расе свойственна особая наследственно обусловленная совокупность признаков. Среди них: цвет кожи, глаз, волос, особенности строения

черепа и мягких частей лица, размеры тела, рост и другие признаки. Внешние особенности тела человека всегда были основными критериями деления человечества на расы. По интеллектуальному потенциалу и умственным способностям расы не имеют различий.

Традиционно современное человечество разделяют на три большие расы — монголоиды, негроиды и европеоиды, хотя названия этих групп могут варьироваться. Так, монголоидов иногда называют азиатской или азиатско-американской расой, негроидов — экваториальной или австрало-негроидной, европеоидов — кавказоидной или евразийской расой. Иногда в качестве больших рас выделяются также австралоиды, американоиды (индейцы, или америнды), койсаноиды (бушмены и готтентоты), реже — океаноиды (полинезийцы), курильская раса (айны) и лапоноиды (лопары, или саамы) (рис. 120).

Представители разных рас могут образовывать одну нацию. Однако почти все большие народы разнородны по расовому составу.



Принадлежность к той или иной расе — биологический признак человека, тогда как принадлежность к тому или иному народу (этносу), национальности, нации — социальный признак человека.

Формирование рас. Как и у всех представителей живого мира, у человека в период его становления внешние условия обитания вызывали 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 складываться в процессе заселения неолитом разных территорий Земли около 60–90 тыс. лет назад. Тогда многие расовые признаки имели большое адаптивное значение и закреплялись естественным отбором в условиях определённой географической среды. Не все расовые признаки адаптивны. Учёные считают, что многие из них могли возникнуть при участии дрейфа генов, благодаря «принципу основателя». 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 плодотворных браков между людьми различных рас подтверждает это, а отсутствие генетической изолированности между ними свидетельствует о целостности вида.

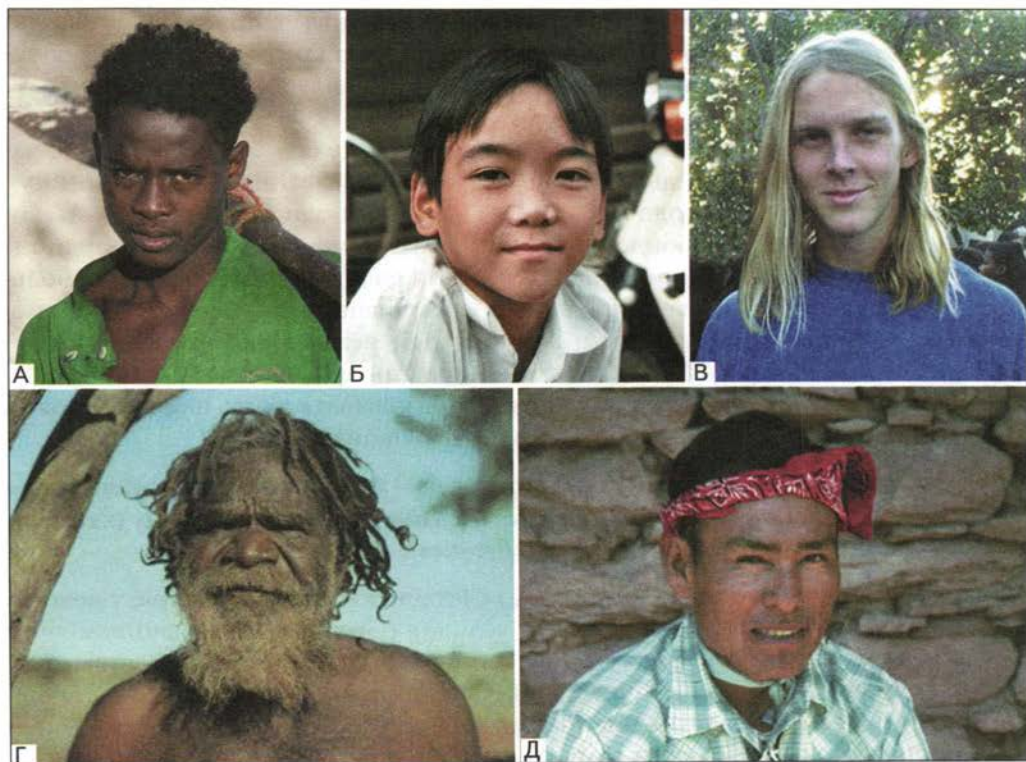


Рис. 120. Представители основных рас: А — негроид; Б — монголоид; В — европеоид; Г — австралоид; Д — американоид (америнд)

Единство вида Человек разумный обеспечивается общностью происхождения людей различных рас и этнических групп, их неограниченной способностью к скрещиванию, 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 всё больше выходил из отдельных биогеоценотических систем и становился жителем биосферы как вид ойкумены (от греч. *oikumene* — «населяю»), то есть вид, заселяющий всю совокупность областей земного шара.

Гипотезы происхождения рас человека. В науке на протяжении долгого времени господствовали две основные гипотезы происхождения рас неантропов — *полицентризма* и *моноцентризма*.

По концепции полицентризма предполагалась вероятность нескольких разных филетических линий гоминид с независимым приобретением особен-

ностей последующих стадий от архантропов до неантропов на разных континентах Старого Света. При этом современные большие расы человека — европеоиды, негроиды, монголоиды и австралоиды — выводились из разных подвидов палеоантропов или даже архантропов. Полицентристы называли четыре региона формирования человека современного типа и его рас: Юго-Восточная Азия (австралоиды), Южная Африка (капоиды, или негроиды), Восточная Азия (монголоиды) и Передняя Азия (европеоиды).

С позиций моноцентризма современные человеческие расы сформировались относительно поздно, около 25–35 тыс. лет назад, в процессе расселения сапиенса из области возникновения.

Согласно представлениям моноцентризма каждый новый вид рода *Ното*, соответствовавший новой стадии антропогенеза, формировался в пределах какой-то определённой части ареала предкового вида и затем расселялся из этого центра, постепенно вытесняя предковую форму и, возможно, гибридизируясь с ней. По этой концепции прародиной неантропов являлась одна, но очень обширная территория вокруг Средиземного моря с большим разнообразием экотопов, на которую ранее прибыли с юго-востока Африки более древние предки (протокреманийцы). В этот «первичный ареал» неантропа входили Восточная Африка, Передняя Азия, Южная и Юго-Восточная Европа. Протокреманийцы мигрировали в Европу непосредственно из Африки или через Переднюю Азию, при этом заселение шло несколькими волнами.

Существовали и компромиссные между моно- и полицентризмом концепции, допускавшие расхождение филетических линий, ведущих к большим расам, на различных уровнях (стадиях) антропогенеза: на стадии неантропов — отделение более близких друг к другу европеоидов и негроидов, а на стадии палеоантропов — возможное обособление ветви монголоидов и австралоидов.

В настоящее время всё больше серьёзных научных подтверждений получает гипотеза моноцентрического происхождения рас. Степень близости рас исследовали молекулярно-генетическими и биохимическими методами и выяснили, что общий предок всех рас жил около 90 тыс. лет назад. Позже неантропы могли разделиться на восточную и западную ветви. Восточная ветвь представлена *австралоидами* (причём аборигены Австралии более 50 тыс. лет жили в изоляции и, возможно, сохранили в значительной степени внешний облик древних восточных неантропов), *монголоидами* и более поздними *американоидами*. Западные неантропы около 40 тыс. лет назад разделились на *негроидов* и *европеоидов*, однако долгое время, возможно, продолжали жить рядом друг с другом. Впоследствии негроиды стали заселять Центральную и Южную Африку, европеоиды — Центральную и Северную Европу.

Итак, важной особенностью антропогенеза является участие социальных факторов в формировании свойств человека. Человек — это биосоциальное существо. Человек разумный является политипическим видом, в котором различают разные популяции, или расы. Все расы стоят на одном биологиче-

ском уровне развития и являются вариациями единой наследственности человека как вида.

1. Что лежит в основе формирования различных человеческих рас?
2. Почему разные расы человека не считают разными видами?
3. Почему нельзя приравнивать друг к другу понятия «раса» и «этнос» (народ)?
4. Как повлияли миграции человека на его эволюцию?
5. Если одна из гипотез происхождения человека имеет по сравнению с другой больше доказательств, то почему её не называют «теорией»?

§ 65

Палеолитические находки на территории России

Вспомните:

- какими путями шло расселение гоминид по территории Евразии;
- какие критерии позволяют установить принадлежность археологических находок к определённой культуре;
- какими основными чертами характеризуются артефакты эпохи палеолита.

Особенности природных условий на территории России в антропогенный (четвертичный) период. Основные черты современной природы закладывались на рубеже тёплого плиоцена (2 млн лет назад) и холодного плейстоцена (ледникового периода — 1,8 млн лет назад). Формирование природных условий происходило под влиянием многократных значительных преобразований рельефа, почвенного покрова, изменения климата, флоры и фауны. В те далёкие времена усилилось движение тектонических плит, оно оказало огромное влияние на внешний облик Земли: изменились очертания суши, морей и океанов, океаническая и атмосферная циркуляция, образовались новые горные массивы. Всё это приводило к глубоким перестройкам климата нашей планеты.

Важной чертой плейстоцена было чередование тёплых межледниковых и холодных ледниковых периодов в умеренных широтах Земли, в том числе и на значительной территории нашей страны. Это доказывается соответствующим изменением состава ископаемой флоры и фауны и характером ледниковых отложений.

Природа на обширных пространствах территории России сильно различалась в холодные и тёплые периоды — здесь сменялись тундра, лес и степь в зависимости от климатических условий. С началом оледенений полностью исчезли прежде характерные для этих мест теплолюбивые животные — жирафы, мастодонты, тапиры, гиппарионы, южные слоны.

Фауна млекопитающих на протяжении ледниковых периодов в основном была представлена холодолюбивыми и холодоустойчивыми животными, такими как северный олень, овцебык, волосатый (шерстистый) носорог, мамонт, лемминг. В периоды межледниковья фауна сменялась теплолюбивыми животными: лесными слонами, лошадьми, большерогими и благородными оленями, бизонами и верблюдами.

Развитие археологических исследований в России. Первым государственным деятелем, который проявил внимание к ископаемым древностям в России, стал Петр I. В 1718 году он распорядился собирать находимые «в земле, или в воде старые подписи, старое ружьё, посуду и прочее все, что зело старо и необыкновенно, и всему делать чертежи, как что найдут». В 1739 году известный историк В.Н. Татищев издал одну из первых в мире инструкций для проведения археологических раскопок. Интерес к античным древностям особенно возрос в XVIII веке, когда в состав Российского государства вошло Черноморское побережье, богатое памятниками античности.

Первое палеолитическое местонахождение в нашей стране было открыто в 1871 году в районе Иркутска. В 1879 году палеолитические стоянки были обнаружены на Среднем Дону, в Костёнковско-Борщёвском районе. В последующие годы в нашей стране было сделано много важных археологических открытий, относящихся ко всем этапам развития человека в Евразии. К концу XX века на территории России обнаружено около 1000 памятников палеолита (каменный век), среди них многие находятся на Крайнем Севере, в Приполярье.

Во многих городах России есть краеведческие музеи, в которых хранятся найденные в данной местности артефакты (предметы культуры) и костные остатки, относящиеся к различным этапам антропогенеза. Возможно, и в вашем местном музее можно ознакомиться с интересной археологической экспозицией.

Свидетельства обитания архантропов на территории России. Впервые стоянки палеолитического человека, носителя ашельской культуры, были найдены в нашей стране в Приазовье, в долинах рек Дона и Кубани. Такие памятники известны у населённых пунктов Герасимовка (берег Миусского лимана в 10–12 км от Таганрога), Хрящи и Михайловское (низовья реки Северский Донец). Позже учёными были найдены гораздо более древние поселения архантропов за Уралом.

Собраны ценные доказательства присутствия архантропов в Южной Сибири, на Алтае, где за последние несколько десятилетий был обнаружен целый ряд поселений древнекаменного века, расположенных в карстовых пещерах и на речных террасах. Уникальность этих археологических памятников заключается в их многослойности (до 10–12 слоёв). Мощные толщи отложений, сформированные в процессе обитания палеолитического человека, содержат свидетельства основных этапов первобытной эпохи. Обнаружены каменные орудия, украшения из камня, костей и зубов животных, остатки кострищ и мно-

гие другие доказательства жизни древних людей. Кроме того, в этих же слоях найдены пыльца и споры растений, тысячи костей крупных и мелких животных и другие органические остатки, которые помогли палеоэкологам в деталях воссоздать климат и структуру древних биогеоценозов, проследить длительную эволюцию природной среды, окружавшей человека в те далёкие времена.

Таким образом, по количеству древнейших археологических находок Алтай оказался настоящей палеолитической сокровищницей Сибири.

Весьма ценной для изучения истории расселения архантропов явилась палеолитическая стоянка открытого типа Карама в долине реки Ануй на северо-западе Алтая. Эта находка является древнейшей в России и одной из древнейших в Евразии, её возраст оценивают в 400–800 тыс. лет. Заселение Южной Сибири осуществлялось, вероятно, благодаря северной миграционной волне африканского *Homo erectus* через Ближний Восток, Переднюю и Центральную Азию примерно 600–900 тыс. лет назад. На стоянке Карама российскими археологами были обнаружены примитивные галечные орудия олдувайского типа — чопперы, характерные для эпохи раннего палеолита.

Неподалёку от Карама на крутом берегу реки Ануй расположена знаменитая Денисова пещера. Слои осадков в ней достигают толщины 6,5 м и содержат информацию об изменениях природных условий и развитии человеческого общества за последние 280 тыс. лет. В наиболее древних слоях найдены типичные орудия ашельской культуры — ручные двусторонние рубила с острыми краями, широко распространённые и в Африке. Возможно, носители этой культуры прибыли на Алтай с очередной миграционной волной около 300 тыс. лет назад. Здесь же были найдены свидетельства обитания человека более поздних культур.

Самой северной из находок архантропов на территории нашей страны признают стоянку Диринг-Юрях на берегу реки Лены в Якутии возрастом 250–350 тыс. лет. Здесь было найдено множество очень примитивных орудий из гальки (рис. 121).

Свидетельства обитания палеоантропов на территории России. Большинство найденных среднепалеолитических, в том числе мустьерских, местонахождений расположено на Русской равнине, Северном Кавказе, на юге Урала и Сибири. Так, на берегах реки Дон памятники этой эпохи обнаружены у населённых пунктов Рожок, Бессергеновка, Матвеев курган, Лысогорка. На Северном Кавказе известны пещерные мустьерские стоянки Баракаевская, Мошешская, Матузка и стоянка открытого типа Ильская.

В среднем палеолите значительно усовершенствовалось производство каменных орудий, которые изготавливались в основном из *отщепов* (тонких пластин, аккуратно отколотых от более крупного камня). Появились листовидные наконечники и острия различных типов. Мустьерские орудия служили и для обработки дерева и шкур, и для строгания, и для резания и сверления. Известно, что палеоантропы охотились на млекопитающих не только ради их мяса, они

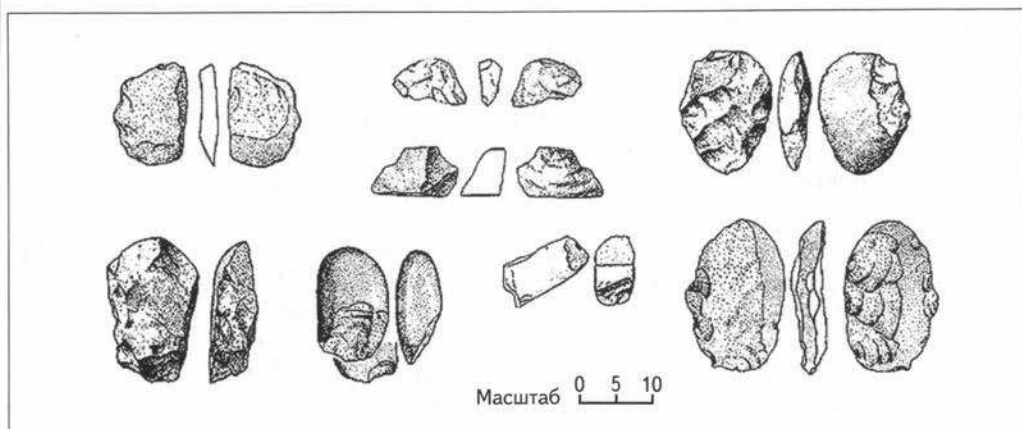


Рис. 121. Прimitивные галечные орудия из кварцита (Диринг-Юрях)

добывали пещерную гиену, волка и бурого медведя ради их шкур. Кроме того, палеоантропы занимались рыбной ловлей, охотой на птиц и собирательством.

В среднем палеолите отмечен достаточно высокий уровень развития социальных отношений. Так, палеоантроп, лишившийся руки, продолжал жить после этого ещё долгое время благодаря поддержке соплеменников.

Многие находки палеоантропов относятся к их захоронениям. Большинство мустьерских погребений находится в пределах поселений, в основном в пещерах. Могильные ямы часто были вырыты или выдолблены специально для погребения. Обычно мёртвого хоронили, придав ему позу спящего: на боку, с подогнутыми в коленях ногами. Сверху погребение засыпалось землёй или камнями. Часто в могилах находят минеральную краску — охру, орудия и кости животных.

Свидетельства обитания неолитов на территории России. Носителем верхнепалеолитической культуры признают Человека разумного (*Homo sapiens*), или кроманьонца. Древнейшим поселением человека современного антропологического типа (неолитов) в России и в Европе является археологический комплекс Костёнки на правом берегу Дона недалеко от Воронежа. Недавние новые находки позволяют датировать это поселение возрастом 45 тыс. лет, при том что все другие древнейшие стоянки человека современного типа в Европе имеют возраст не более 40–42 тыс. лет. Костёнковская стоянка, таким образом, оказывается пока первым известным в Европе местом, куда предположительно переселились мигранты с Ближнего Востока.

Обнаруженные в ходе раскопок раковины и некоторые виды орудий указывают на развитый обмен с довольно удалёнными регионами: так, раковины принесены с берегов Чёрного моря, а камень для орудий — из районов, отстоящих от Костёнок более чем на 100 км. Среди находок были и образцы

резьбы из мамонтовых бивней, в том числе голова статуэтки, изготовленной более 42 тыс. лет назад. К настоящему времени это древнейшее скульптурное изображение человека в палеолите Европы.

В этом же районе найден ряд поселений позднего палеолита (свыше 60), представленных строениями-жилищами длиной 20–30 м, шириной 5,5 м, с очагами посередине. Эти поселения называют костёнковско-борщёвскими стоянками.

В 2001 году на стоянке Костёнки-14 были найдены древнейшие на территории Восточной Европы украшения — удлиненные бусины с орнаментом, изготовленные из трубчатых костей птицы, и подвески из раковин. Эти находки были обнаружены в слое вулканического пепла, принесённого на территорию Русской равнины с территории современной Италии во время извержения гигантского вулкана Флегрейские Поля около 35 тыс. лет назад. Находка древнейших украшений и остатков поселения непосредственно в пепле позволяет предположить, что оно погибло в связи с глобальной катастрофой, произошедшей на территории Европы.

В последующие тысячелетия неолит широко распространился по территории нашей страны. Известно множество поселений и захоронений как в европейской части России, так и за Уралом. Среди них — палеолитическая стоянка Сунгирь под Владимиром на левом берегу реки Клязьмы, где раскопки ведутся уже несколько десятков лет. Этот памятник датируется возрастом около 25–30 тыс. лет, вероятно, это было сезонное охотничье стойбище группы охотников. Учёными реконструирован макет жилища, а также ритуальный костюм, который был украшен тысячами бусин из бивня мамонта. При раскопках было найдено оружие — копья из распрямлённого бивня мамонта, жезлы, дротики и кремневые наконечники, а также огромное количество украшений — бусы, костяные украшения, подвески

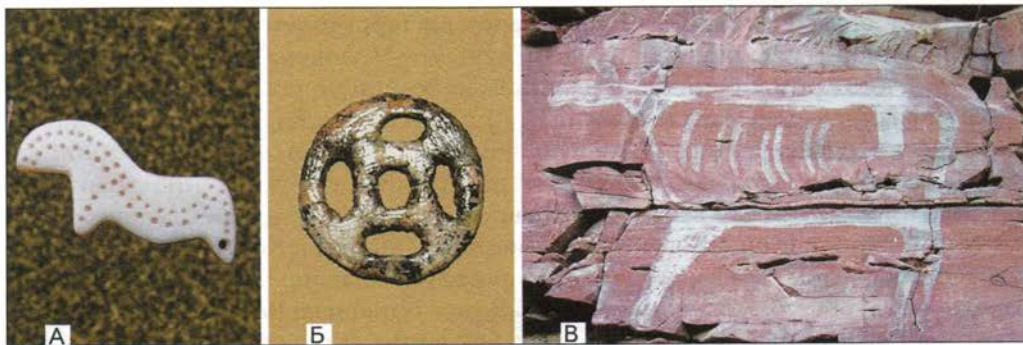


Рис. 122. Верхнепалеолитические находки на территории России: А, Б — украшения из бивня мамонта (сунгирская лошадка, резной диск); В — фрагмент наскальной живописи первобытного человека — Шишкинская писаница (Иркутская область)

из зубов песка, браслеты, кольца и др. Обнаружены и наскальные рисунки. (рис. 122).

Таким образом, на протяжении значительного периода эпохи палеолита на территории России жили различные виды и популяции людей, многие из которых вымерли, а другие продолжили своё развитие на более высоких уровнях мезолитической, неолитической и последующих культур. Но это уже область не столько биологии, сколько истории, географии и социологии.

1. Как изменялись природные условия на территории нашей страны в эпоху палеолита?
2. Какими видами деятельности занимались палеолитические люди?
3. Почему Алтай называют палеолитической сокровищницей Сибири?
4. Назовите несколько памятников палеолита, расположенных на территории нашей страны.
5. Узнайте, обнаружены ли в вашем регионе какие-либо свидетельства обитания древних людей.

Проверьте себя.

Что вы узнали из материала главы 10

«Происхождение и этапы эволюции человека»?

Тренируемся

1. Укажите место человека в системе живого мира.
2. Назовите основные этапы эволюции человека.
3. Почему нельзя считать современных человекообразных обезьян предками человека?
4. В каких условиях естественный отбор перестал быть главным движущим фактором антропогенеза?
5. В чём проявляются различия между обезьянами и людьми?
6. Укажите различия между палеоантропами и неоантропами.
7. Укажите различия между архантропами и протоантропами.
8. Почему человека называют уникальным видом живого мира?
9. Какой процесс лежал в основе становления вида *Homo sapiens*?
10. Как происходило освоение ойкумены представителями вида *Homo sapiens*?
11. Каковы причины возникновения рас у человека?
12. Почему человеческие расы считают популяциями, а не видами?

Выскажите свою точку зрения

1. Можно ли считать прямохождение достаточным критерием очеловечивания?
2. Почему наличие подростковой группы у людей считают важным признаком происхождения *Homo sapiens*?
3. Какова роль стабилизирующей формы естественного отбора в существовании современного человека?

Проведите наблюдение и установите

Докажите сходство человека с животными на основе знаний о собственном организме. Признаки доказательства сходства и различий представьте в таблице.

Признак	Присутствует только у человека	Появился у млекопитающих
Наличие скелета		
Прямохождение		
Четырёхкамерное сердце		
Большие полушария головного мозга		
Наличие речи		

Далее самостоятельно продолжите перечень (до 10 признаков). После заполнения таблицы сделайте общий вывод о родстве человека и животных.

Обсудите проблему

1. Продолжается ли эволюция человека в настоящее время?
2. Известный отечественный учёный-дарвинист Н.Н. Иорданский выдвинул идею о том, что в дальнейшем эволюция рода *Ното*, вероятно, пойдёт по пути постепенного слияния всех рас. Приведите доказательства в защиту этой идеи или опровергните её.

Моя позиция

В антропогенезе важными критериями этапов становления рода Человек считают объём головного мозга, особенности генофонда и морфофизиологические признаки. Полагаю, что для определения будущего развития человека не достаточно только биологических доказательств?

Узнайте больше

- Биологическую гипотезу происхождения человека выдвинул Ч. Дарвин. В своих трудах «Происхождение человека и половой отбор» и «О выражении эмоций у человека и животных» (1871–1872) он обосновал идею родства человека и человекообразных обезьян, общности их происхождения от единого древнего предка. Эта гипотеза вскоре получила название *симмиальной теории антропогенеза*, так как одно из названий группы человекообразных приматов – Simia.
- Прочитайте книгу Н.Н. Иорданского «Эволюция жизни» (М., 2001).
- Информацию о происхождении человека вы найдёте в Интернете на сайте <http://www.macroevolution.narod.ru>. Замечательная книга о происхождении человека написана Н.Я. Эйдельманом «Ищу предка» (М., 1970).

Темы самостоятельных исследований

1. Особенности онтогенеза палеоантропов и неоантропов.
2. Австралопитеки – примитивные люди или высокоразвитые человекообразные обезьяны?

Темы рефератов

1. Влияние людей (*Homo habilis* и *Homo erectus*) на животный и растительный мир в местах их обитания.
2. Влияние неоантропов на фауну и флору в антропогенный период.
3. Ч. Дарвин о происхождении человека.
4. Ф. Энгельс о роли трудовой деятельности в процессе происхождения и эволюции человека.

Основные понятия темы

Антропогенез, Человек разумный, Человек прямоходящий (выпрямленный), Человек умелый, австралопитек, понгиды, гоминиды, протоантропы, архантропы, палеоантропы, неоантропы, неандерталец, кроманьонец, раса, социальные факторы, биосоциальные свойства человека.

Вспомните:

- методы исследования антропогенеза;
- особенности происхождения Человека разумного;
- гипотезы происхождения рас человека.

Появление идей об эволюции. Эволюция — это грандиозный и закономерный исторический процесс изменения форм живых организмов на Земле. Он называется *биологической эволюцией* или просто *эволюцией* (от лат *evolutio* — «развёртывание»). Теория эволюции занимает центральное место в современной биологии, объединяя все её области и являясь её общей основой.

Эта теория имеет важнейшее мировоззренческое значение, поскольку создаёт определённое отношение к проблемам происхождения и развития органического мира и характеризует общие философские концепции — материалистические и идеалистические.

Сама идея об эволюции впервые была сформулирована Ж.-Б. Ламарком в XVIII веке, но её предыстория уходит далеко в глубь веков.

История эволюционных идей ведёт своё начало со времен античного мира. Так, Гераклит Эфесский (конец VI — начало V в. до н. э.) рассуждал об изменяемости всего существующего, о его вечном движении. Эмпедокл (V в. до н. э.) полагал, что организмы, возникшие из первоначального хаоса, или погибали, или сохранялись. По его представлениям, погибали, главным образом, уродливые, неудачные варианты живых существ, а гармоничные сохранялись надолго. Демокрит (V в. до н. э.) считал, что организмы могут приспосабливаться к изменениям внешней среды. Аристотель (IV в. до н. э.) высказывался о постепенном усложнении строения в ряду организмов (согласно месту в «лестнице существ») и о причинах усложнения. Усложнение живых существ Аристотель называл термином «градация». Однако подобные идеи в эпоху Средневековья были забыты, и к ним вернулись лишь в XVII веке.

К середине XVIII века были накоплены многочисленные данные, свидетельствующие об огромном разнообразии форм организмов. Эти материалы для достаточного их понимания требовали систематизации. Важный вклад в это дело внесли английский ботаник Джон Рей (1628–1705), впервые предложивший бинарные названия видов, и известный шведский натуралист Карл Линней (1707–1778). К. Линнея по праву считают создателем научной систематики организмов. Однако Линней строго придерживался точки зрения не-

изменности видов, созданных Творцом. Он утверждал, что видов существует очень много, но ровно столько, сколько их было создано во время «сотворения мира».

Следует отметить, что К. Линней в последних своих сочинениях несколько отошёл от этих позиций и высказывал предположение, что количество видов на Земле за время их существования могло увеличиться в результате скрещиваний между исходными видами.

Креационизм и трансформизм. В XVII–XVIII веках в мировоззрении многих учёных преобладали религиозные догмы о неизменности мира, созданного Творцом. В естествознании это направление получило название *креационизм* (от лат. *creatio* — «созидание», «порождение») (см. § 14). Это направление активно поддерживал французский учёный-палеонтолог Ж. Кювье. Как отдельное направление в биологии в эти годы существовали идеи *преформизма* (от лат. *praeformo* — «заранее образуя», «предобразую») — учения о наличии в половых клетках (в яйце) сформированного зародыша, который затем лишь «разворачивается», увеличивается в размерах, то есть растёт. Такого учения придерживались голландский натуралист А. Левенгук, итальянский биолог и врач М. Мальпиги и др. (рис. 123).

Первым против креационизма выступил В.М. Ломоносов в своём трактате «О слоях земных», написанном в 1759 году, где он чётко высказал идею («...Напрасно многие думают, что всё, как мы видим, сначала Творцом создано...») естественного протекания событий в неживой природе на Земле, влекущих за собой изменения в животном и растительном мире.

В том же 1759 году русский эмбриолог К.Ф. Вольф защитил докторскую диссертацию «Теория зарождения», где открыто выступил против положений преформизма. В диссертации Вольф открыто критиковал теории постоянства видов, подкрепив свои взгляды большим количеством фактического материала, добытого в непосредственных наблюдениях.

В середине XVIII века всё больше появляется высказываний о возможности изменений, преобразований организмов и видов в природе. Это направление в естествознании получило название *трансформизм* (от лат. *transformatio* — «преобразование»).

Идей трансформизма придерживались естествоиспытатели Р. Гук, Ж.-Л. Бюффон, Э. Дарвин, И.-В. Гёте,

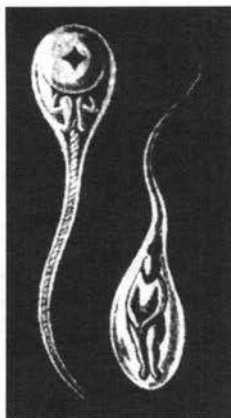


Рис. 123. Сперматозоиды по представлениям преформистов



Михаил Васильевич Ломоносов (1711–1765), российский естествоиспытатель, поэт, просветитель



Пётр Симон Паллас (1741–1811), российский естествоиспытатель, путешественник



Жорж-Луи Леклерк Бюффон (1707–1788), французский естествоиспытатель

Э. Жоффруа Сент-Илер, М.В. Ломоносов, К.Ф. Вольф, П.С. Паллас, К.М. Бэр, К.Ф. Рулье, философы-натуралисты Д. Дидро, Ж. Ламетри и др.

К сожалению, у трансформистов не было единого взгляда на эволюцию, они лишь высказывали идею об изменяемости форм под воздействием окружающей среды, но не доказывали её.

Например, Жорж-Луи Бюффон в многотомном сочинении «Естественная история», опираясь на многочисленные факты сравнительной морфологии и анатомии организмов из разных стран, активно отстаивал идею об изменяемости видов, естественном родстве организмов и единстве животного и растительного мира. Бюффон своими трудами фактически обосновал принцип влияния среды на организмы. В главе «О вырождении животных» он высказывал мысль о том, что если животные по каким-то причинам переселяются в другие страны, их природа должна сильно измениться; при этом могут возникнуть новые формы, до того не существующие. Учёный называл три основные причины, вызывающие изменения животных: 1) климат, 2) пища и 3) «гнёт одомашнивания». Бюффон высказывал также предположение о том, что виды, относящиеся к одному семейству, могут иметь общность происхождения, и в качестве примера выводил от «общего ствола» всех диких кошек и всех диких и домашних лошадей.

Таким образом, в трудах Бюффона имеется попытка осмыслить ход исторического развития органического мира.

В эти годы в России академик Пётр Симон Паллас также высказывает мысль о происхождении организмов некоторых видов от общих предков. Английский врач, натуралист и поэт Эразм Дарвин, дед Ч. Дарвина, излагает натурфилософские идеи о происхождении жизни, об изменяемости видов, экономии в природе и эволюции организмов.

Сторонник креационизма Жорж Кювье, стремясь снять противоречие, существующее между многочисленными фактами, свидетельствующими об устойчивости видов, и данными палеонтологии о многообразии некогда живших форм организмов, создал «Теорию катастроф». В ней он привёл десятки глобальных бедствий, произошедших на Земле, дающих полное обновление органического мира благодаря деятельности Творца.

В 1762 году швейцарский эмбриолог Шарль Бонне в работе, посвящённой размножению ряда беспозвоночных животных, впервые вводит в биологию термин «эволюция». Однако этот термин в качестве выразителя понятия об историческом развитии и поступательной прогрессивной изменяемости органического мира был использован Ж.-Б. Ламарком лишь в 1802 году.



Первые истинно эволюционные теории были созданы великими естествоиспытателями XIX века Ж.-Б. Ламарком и Ч. Дарвином.

Эволюционная теория Ламарка. Ж.-Б. Ламарк свою эволюционную теорию изложил в труде «Философия зоологии» (1809).

Признавая существование разновидностей у организмов и изменения организмов в связи с их одомашниванием, Ламарк соглашается с тем, что виды изменяются. Причиной изменяемости видов он считает их врождённое «стремление к самосовершенствованию». При этом Ламарк признаёт общность происхождения различных систематических групп живых организмов и подчёркивает, что в природе происходит развитие (градация) от низкоорганизованных форм к высокоорганизованным (как «лестница существ»). Учёный делает вывод о том, что изменения организмов имеют не случайный, а закономерный, направленный характер: в сторону постепенного совершенствования и усложнения организации.

Главной движущей силой эволюционных изменений Ламарк считает «стремление природы к прогрессу», изначально присущее всем живым существам, заложенное в них Творцом.

Ламарк признаёт, что внешняя среда оказывает влияние на правильность изначального стремления к совершенствованию. Изменения у растений осуществляются через обмен веществ, а у животных — через участие нервной системы. В результате у организмов происходит появление *полезных привычек* и они начинают чаще упражнять какие-то органы, которыми раньше не пользовались. На этой основе Ламарк формулирует два закона — о роли *упражняемости* и *неупражняемости* органов. Он предложил также путь (механизм) появления преобразований: 1) изменение в потребностях; 2) возникновение «новых» привычек; 3) частая упражняемость (или неупражняемость) органа. Приобретённые организмом изменения сохраняются в их потомстве, то есть закрепляются в наследственности. Например, длинные ноги и шея у жирафа — наследственно закреплённое изменение, связанное с постоянным использованием этих частей тела при добывании пищи.

В своей теории Ламарк высказывает умозрительно, без особых доказательств, целый ряд положений: организмы изменчивы; все виды условны и постепенно преобразуются в новые виды; общая тенденция исторических изменений органов представляется как постепенное совершенствование их организации, движущей силой которой является стремление природы к про-

грессу; изменения организмов, приобретённые в течение жизни в ответ на изменения условий, наследуются.

Опираясь на эти высказывания, Ламарк делает вывод, что в органическом мире, при всём его многообразии, можно усмотреть определённый порядок, как бы ступени неуклонного повышения уровня организации живых форм («лестница существ», или градация). На этом основании он утверждает, что *развитие органического мира идёт по пути постепенного совершенствования и усложнения организации*. Однако движущей силой, обеспечивающей прогресс, Ламарк считает *«стремление самой природы к прогрессу»*.

Таким образом, Ламарк объясняет с идеалистических позиций сущность и движущие силы эволюционного процесса органического мира. Теория Ламарка не была принята его современниками, так как не имела убедительных доказательств и не могла противостоять господствующему в те времена мировоззрению — креационизму.

Следует также заметить, что Ж.-Б. Ламарк, подобно трансформистам, выдвигал свои постулаты об эволюции, основываясь на изменениях у отдельных организмов (особей). При этом он не рассматривал какие-либо связи, существующие между организмами, групповые свойства видов.

Несмотря на то что основные положения теории Ламарка были ошибочны, так как они не объясняли механизмов эволюционного процесса, её историческая роль несомненна, поскольку она является первой последовательной эволюционной теорией, ставящей целью объяснить прогрессивное развитие органического мира в его многообразии.

Значение трудов Ж.-Б. Ламарка хорошо выразил академик К.М. Завадский: «Особой заслугой Ламарка является то, что он впервые выдвинул эволюционный прогресс как одну из основных закономерностей эволюции организмов».

Истинно материалистическая эволюционная теория была создана Ч. Дарвином.

1. Когда были высказаны первые идеи об эволюции органического мира?
2. Укажите различие во взглядах сторонников креационизма и трансформизма на изменяемость видов.
3. Какие идеи об эволюции высказывал Ж.-Б. Ламарк?
4. Почему, основываясь на идеях Ламарка, нельзя научно доказать процесс видообразования?
5. Почему в биологии придаётся большое значение теории Ж.-Б. Ламарка?

Вспомните:

- историю развития эволюционной идеи;
- роль внешней среды в эволюции по теории Ламарка;
- оценку эволюционной теории Ламарка в биологии.

Исторические предпосылки создания эволюционной теории Ч. Дарвином.

Эволюционная теория Ч. Дарвина, известная как «теория естественного отбора», была сформулирована им в 1859 году в книге «Происхождение видов». Выход в свет этого труда не был случайным.

Как следует из предыдущего параграфа, развитие естествознания в XVII–XVIII веках неуклонно вело к появлению и укреплению исторического взгляда на природу. После длительного застоя, царившего в Средневековье, естествознание стало бурно развиваться в самых различных областях. Назовём некоторые крупные научные события, способствовавшие развитию идей об эволюции к середине XIX века, когда был опубликован многолетний труд Ч. Дарвина.

Великие географические открытия, обогатившие мир сведениями о новых растениях и животных, особых людях из заморских стран, способствовали развитию идей о многообразии форм живых организмов. Много сведений в этом направлении привнесли в естествознание труды известных ботаников и зоологов середины XVIII века. Рене Реомюр исследовал насекомых и описал их жизнь в разных условиях обитания. Не ограничиваясь накоплением фактов, он делал попытки обобщения сведений о зависимости наблюдаемых им явлений от внешних условий.

Изменения в жизни животных, происходящие в связи с изменениями внешней среды, на примере пресноводной гидры и мшанок наблюдал А. Трамбле.

Сочинения М.В. Ломоносова об историческом развитии неживой природы (1755), «Общая естественная история и теория неба» И. Канта наводили на мысль об изменяемости мира. Об изменяемости организмов под влиянием различных условий внешней среды писал Э. Дарвин.

Труды Ж.-Л. Бюффона, Э.-Ж. Сент-Илера, Ж. Кювье, выход в свет «Философии зоологии» Ж.-Б. Ламарка — заметные вехи в истории естествознания.

Многие ценные открытия в биологии сделаны в первой половине XIX века. Так, в 1838–1839 годах М. Шлейден и Т. Шванн сформулировали клеточную теорию строения организмов. В 1828 году российский учёный К.М. Бэр опубликовал свой классический двухтомный труд «История развития животных», которым фактически создал новую область биологии — сравнительную эмбриологию. В этом сочинении Бэр впервые описал яйцо млекопитающих, развитие эм-



Карл Францевич Рулье
(1814–1858), русский
зоолог, эволюционист

брионов и формирование зародышевых пластов в процессе индивидуального развития организма. Здесь же К.М. Бэр изложил закон зародышевого сходства, убедительно доказывающий несомненное родство между различными позвоночными животными.

В середине XIX века появляются труды К.Ф. Рулье, в которых он обосновал биологический метод исследований в природе. В его идеях определяющим был принцип теснейшей взаимосвязи организма и среды и их непрерывного развития. Рулье неизменно подчёркивал, что «как сами животные, так и вся окружающая их природа находятся в состоянии непрерывного изменения, развития». Недаром К.Ф. Рулье, как и К.М. Бэра, относят к числу российских предшественников Ч. Дарвина — создателя теории эволюции.

Труды немецкого естествоиспытателя и путешественника А. Гумбольдта «Идеи о географии растений» (1807), «Картинки природы» (1808) и особенно «Космос» (1844), положившие начало биогеографии, доносили до читателей идею: «...Чтобы все явления изучались в связи и природа рассматривалась как единый во всех своих частях связанный организм». В 1833 году вышло в свет сочинение английского геолога Ч. Ляйеля «Основания геологии», доказывающее необходимость исторического подхода к изучению поверхности Земли и всего её живого населения.

Все эти научные события не проходили мимо молодого Ч. Дарвина, увлекавшегося чтением различных книг по естественной истории, а знакомство с путевым дневником А. Гумбольдта способствовало развитию у него склонности к путешествиям.

Большое значение для осознания Дарвином идеи об историческом развитии органического мира имело его пятилетнее кругосветное плавание на корабле «Бигль». Вернувшись в Англию, Дарвин решил, что, следуя примеру Ляйеля и собирая факты об изменчивости растений и животных как в приручённом, так и естественном состоянии, можно найти ответ на вопрос о происхождении видов. С 1837 года решение этого вопроса становится главной задачей всей жизни Дарвина.

Основные положения учения Дарвина. Следует отметить, что в своих суждениях Ч. Дарвин опирался на собранные им многочисленные факты — доказательства изменчивости видов растений и животных. По его мнению, причиной появления этих изменений явилось воздействие на организмы новых условий окружающей среды. В связи с этим Дарвин выделил две формы изменчивости организмов: *неопределённую* и *определённую*. К неопределённой он относил разнообразные слабые, незначительные различия, по которым особи отличаются друг от друга и которые не могли быть унаследованы ими ни от ро-

дителей, ни от более отдалённых предков. Он делает вывод: изменения внешней среды играют роль стимула, усиливающего неопределённую изменчивость, но никак не влияют на качество изменений организма.

Первоначально Ч. Дарвин исследовал изменчивость у домашних животных и культурных растений. Опираясь на методы отбора образцов в работе селекционеров, Дарвин ввёл понятие «искусственный отбор» и указал условия, благоприятствующие его использованию в создании новых изменённых 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 тем, что происходит в природе. Оказалось, что изменчивость организмов в природе очень велика, а её формы принципиально сходны с формой изменчивости у домашних животных и растений, с той лишь разницей, что появляющиеся в результате изменчивости новые признаки оказываются важными для самих природных видов, обеспечивая им благоприятное существование в их среде обитания. При этом Дарвин считал естественный отбор *творческой силой*, которая движет и направляет эволюционный процесс в природе.

Важнейшее место в теории естественного отбора Дарвина занимает идея о *борьбе организмов за существование*. При этом слово «борьба» им трактовалось не столько как прямое столкновение между организмами, сколько как конкуренция между организмами, часто происходящая в пассивной форме, и как борьба за выживание в неблагоприятных условиях окружающей среды.

В качестве первого результата действия естественного отбора Дарвин называет возникновение *приспособлений (адаптаций)* организмов к условиям их существования. Он подчёркивает, что приспособленность относительна, поскольку обычно возможны и ещё более совершенные формы приспособлений к данной среде обитания. Вторым важнейшим следствием борьбы за существование и естественного отбора является, по Дарвину, закономерное повышение многообразия видов путём *дивергенции* — разделения видов на новые разновидности, которые со временем превращаются в новые (дочерние) виды. И третьим важнейшим следствием естественного отбора Дарвин называет постепенное усложнение и усовершенствование организации живых форм, то есть *эволюционный прогресс*. Это направление, по его мнению, является результатом приспособления организмов к жизни в постоянно усложняющейся внешней среде.

Таким образом, Дарвин дал логически последовательное и строго материалистическое объяснение важнейшим проблемам эволюции организмов и сложившейся в результате эволюционного процесса общей структуре органического мира. Дарвин первым доказал реальность эволюционных изменений организмов, совершающихся естественным путём как результат *взаимо-*

действия организма и изменяющейся внешней среды. Дарвин доказал реальность эволюции и показал механизм эволюционного процесса, основными движущими силами которого являются борьба за существование и естественный отбор на основе наследственной изменчивости.

Все основные положения и выводы изложены Дарвином в его *эволюционной теории*. Однако в тот период, когда он работал, ещё не было открыто природное явление — популяция. Поэтому в своей эволюционной теории Дарвин опирался лишь на понятия «особь» и «вид». В связи с этим, доказав реальность эволюции органического мира и роль естественного отбора в этом процессе, он не смог показать поле действия отбора в эволюции — микроэволюцию в популяции. Подобное открытие было совершено уже в XX веке.

Значение эволюционной теории Ч. Дарвина. Теория эволюции, созданная Ч. Дарвином, представляет собой одну из высочайших вершин достижений научной мысли всего XIX века. Её значение выходит далеко за пределы той эпохи и за рамки биологии и естествознания в целом, поскольку она стала естественно-исторической основой материалистического мировоззрения.



Теория Ч. Дарвина имела принципиальное значение для дальнейшего развития биологии, для борьбы с теологией и установления исторического взгляда на живую природу.

Эта теория значима и в настоящее время, она занимает центральное положение в современном учении об эволюции.

1. Почему Дарвин проводил исследование изменчивости у домашних животных?
2. Какие естественнонаучные труды особенно повлияли на Дарвина при создании им теории эволюции?
3. Почему учение Дарвина о происхождении видов называют теорией эволюции?
4. На какой научной основе строил Дарвин своё учение об эволюции?

§ 68

Современное учение об эволюции

Вспомните:

- доказательную базу дарвиновской теории эволюции;
- причины изменчивости видов;
- механизм эволюционного процесса в природе.

Формирование синтетической теории эволюции. В конце XIX — начале XX века начали формироваться представления, которые легли в основу но-

вой концепции эволюции и вида. Вид стали делить на подвиды и популяции, а сам вид характеризовать как политипический и биологический.

В конце XIX века появились работы, отмечающие роль географической изоляции в процессах видообразования. В 1903 году датский учёный-генетик В. Иогансен вводит понятие «популяция». А.П. Семёнов-Тян-Шанский в 1910 году даёт определение понятию «подвид». В 20-х годах XX века стало развиваться учение о микроэволюции, что привело к пересмотру основных определений в систематике низших таксонов. В 1926 году С.С. Четвериков отмечает высокую генетическую гетерогенность природных популяций организмов и их насыщенность разнообразными мутациями, чем закладывает основы нового взгляда на эволюционный процесс и происхождение видов. В 30-е годы XX века формируется представление о виде как политипической (многопопуляционной) системе. В это же время работами английских учёных Р. Фишера, Д. Холдейна, Д. Хаксли, российских учёных Н.И. Вавилова, Н.П. Дубинина и других осуществлена интеграция дарвинизма и генетики. В 40-е годы XX века синтез исследовательских материалов и выводов различных биологических наук (прежде всего — генетики, систематики, дарвинизма, экологии и биогеографии) привёл к формированию обобщающей концепции эволюции, которую в 1942 году Д. Хаксли назвал *синтетической теорией эволюции*.

Дальнейшее развитие этой теории связано с работами американских учёных Ф.Г. Добржанского, Э. Майра, Д. Симпсона и российских — Н.В. Тимофеева-Ресовского, А.Н. Северцова и И.И. Шмальгаузена. Благодаря их исследованиям синтетическая теория вобрала в себя данные эволюционной морфологии и палеонтологии. В последние десятилетия XX века в теорию эволюции вошли материалы цитологии и молекулярной биологии. Всё это способствовало созданию современного представления о главном историческом процессе, совершающемся на Земле, — эволюции органического мира.

В настоящее время учение об эволюции основано на популяционной идее.

Современная теория эволюции. Синтетическая теория эволюции (СТЭ) сложилась на основе теории Ч. Дарвина. Её называют *синтетической теорией эволюции* потому, что она включает в себя не только дарвинизм (учение Дарвина о естественном отборе и борьбе за существование), но и материалы генетики, систематики, цитологии, морфологии, молекулярной биологии, палеонтологии, биохимии, физиологии, экологии и других наук.

Главный вопрос, который решает синтетическая теория эволюции, — как совершается процесс образования видов в живой природе и как появляются признаки приспособленности? В связи с этим подробно исследуются особенности популяции и процесс микроэволюции.

То, как протекает процесс микроэволюции, какие были открыты явления и закономерности эволюционного процесса, вы узнали из § 56–59 учебника. Поэтому 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 и материалов генетики и молекулярной биологии. Хромосомная теория, теория гена и популяционная генетика раскрыли природу мутаций и законы передачи наследственности, а молекулярная биология и молекулярная генетика — 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, элементарные факторы эволюции и эволюционные механизмы.*

Элементарной единицей эволюции служит популяция. Элементарным материалом эволюции — наследственная изменчивость: комбинаторная и мутационная.

Элементарные факторы эволюции — это мутационный процесс, популяционные волны, изоляция и естественный отбор. Естественный отбор считают главным (движущим и направляющим) фактором эволюции.

Естественный отбор как фактор эволюции является единственной движущей силой эволюции. Он устраняет из популяции особи с неудачными комбинациями генов и сохраняет особи с генотипами, которые не нарушают процесса приспособительного формообразования. Таким путём естественный отбор направляет эволюцию.

Эволюционные механизмы — способы действия и взаимодействия эволюционных факторов, которые определяют возникновение неких эволюционных событий и закономерностей (например, механизмы видообразования, формирования адаптаций, возникновения гетерогенности в популяции и др.).

Мутационный процесс как фактор эволюции поддерживает генетическую неоднородность природных популяций. Популяционные волны как фактор эволюции обеспечивают массовость элементарного эволюционного материала для естественного отбора. Изоляция как фактор эволюции исключает свободное скрещивание организмов.

Изоляция, мутационный процесс и популяционные волны, являясь факторами эволюции, влияют на эволюцию, но не направляют её. Направленность эволюции осуществляет естественный отбор.

3. Видообразование совершается в процессе микроэволюции. Таким образом, основным ядром синтетической теории эволюции явля-

ется учение о микроэволюции, представляющее собой анализ эволюционных механизмов преобразования популяций и процессов видообразования.

Назовём также основные достижения 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, мутация, дрейф генов, изменение генофонда и др.);
- доказано, что основной ареной эволюционных событий является популяция;
- показано, что все основные процессы эволюции совершаются путём микроэволюции.

Раскрытие этих важных процессов и явлений, понимание их закономерностей позволяет принять и оценить грандиозность картины процесса эволюции, совершающейся на Земле с самого момента появления жизни.

Первая теория об эволюции принадлежит Ж.-Б. Ламарку. Однако современная теория эволюции опирается на эволюционную теорию Дарвина. В ней изложены механизмы эволюционного процесса происхождения видов и показаны пути формирования приспособленности организмов. В настоящее время учение об эволюции представляет синтетическая теория эволюции (СТЭ), которая основывается на материалах многих областей науки биологии, особенно дарвинизма, генетики, цитологии, молекулярной биологии, морфологии, экологии, биогеографии и др. Она излагает процессы эволюции исходя из популяционной концепции микроэволюции и видообразования. В формировании синтетической теории эволюции активно участвовали учёные разных стран, в том числе и учёные нашей страны.

1. В чём отличие синтетической теории эволюции от эволюционной теории Дарвина?

2. Замените подчёркнутую часть утверждения одним правильным словом.

• Наименьшее подразделение вида, меняющееся во времени, участвующее в образовании новых видов.

• Расхождение признаков организмов Дарвин использовал для объяснения разнообразия форм в эволюции организмов.

3. Подумайте:

- Почему популяцию называют структурной единицей вида?
- Почему популяцию называют элементарной единицей эволюции?
- Каким образом естественный отбор направляет ход эволюции?
- Почему дрейф генов заметен преимущественно при резком сокращении численности популяции?

Вспомните:

- что такое СТЭ;
- на какой основе базируется СТЭ;
- что является элементарной единицей эволюции.

Макроэволюция. Основные эволюционные преобразования в природе происходят в популяциях. Этот процесс называют *микроэволюцией*. Преобразования, происходящие на надвидовых уровнях, которые приводят к формированию систематических групп более высокого ранга, чем вид (род, семейство, отряд и т. д.), называют *макроэволюцией*. Макроэволюция — *надвидовая* эволюция живых форм. Между макроэволюцией и микроэволюцией нельзя провести принципиальную границу, поскольку макроэволюция совершается посредством микроэволюционных процессов. В макроэволюции действуют те же процессы, что и в микроэволюции — дивергенция, борьба за существование, естественный отбор, — и связанное с ними вымирание.



Эволюционные преобразования, приводящие к возникновению систематических групп более высокого порядка, чем вид, называют макроэволюцией.

Макроэволюция недоступна непосредственному наблюдению, хотя её результаты окружают нас повсеместно, потому что она происходит на протяжении грандиозного промежутка времени, исчисляемого сотнями тысяч, миллионами лет. Однако наука накопила множество фактов, доказывающих реальность макроэволюционных процессов.

Имеется огромное количество фактов, подтверждающих существование процесса эволюции. Среди них видное место занимают материалы палеонтологии, эмбриологии, биогеографии, экологии, генетики, биохимии, молекулярной биологии, анатомии, физиологии, морфологии и многих других областей биологической науки. Рассмотрим некоторые примеры из них.

Палеонтология. Это наука об ископаемых животных, растениях и микроорганизмах, с помощью которых воссоздаётся картина поэтапного развития живого мира с доисторических времён.

Обычно ископаемые формы представлены в виде минерализованных скелетов (окаменелостей), хотя возможны находки останков с сохранившимися мягкими тканями. Например, в Сибири в слоях вечной мерзлоты находят останки мамонтов (взрослых и детёнышей) с сохранившимися мышечными и другими тканями, кожей с волосным покровом, внутренними органами, наполненными растительной массой. В сланцах, каменном угле встречаются ископаемые останки многих древних растений и животных.

По найденным окаменелостям удалось восстановить картину появления позвоночных животных и этапы усложнения их организации.

Сопоставление ископаемых останков из земных пластов различных геологических эпох убедительно свидетельствует об изменениях органического мира во времени. В самых глубоких, древних пластах встречаются останки типов беспозвоночных животных, а в более поздних пластах — останки типа хордовых. В поверхностных, более молодых геологических пластах содержатся останки организмов, относящихся к видам, похожим на современные (рис. 124).



Рис. 124. Останки раковин в осадочных породах

Палеонтологам удалось на основе большого фактического ископаемого материала найти *переходные формы организмов*. Например, скелеты зверозубых рептилий, совмещающих в себе признаки пресмыкающихся и млекопитающих, первоптицы — археоптерикса, имеющего признаки пресмыкающихся и птиц. Эти и многие другие находки позволили установить исторический путь развития класса Птицы и класса Млекопитающие, определить их родство между собой и время, когда они стали расходиться.

По ископаемым находкам выявляются особенности происхождения и этапы эволюции человека.

Данные палеонтологии дают большой материал о преемственных связях между различными систематическими группами. В одних случаях удаётся установить переходные формы, в других — *филогенетические ряды*, то есть ряды видов, последовательно сменяющих друг друга во времени. Примером филогенетических рядов могут служить находки, подтверждающие происхождение перьев птиц от роговых чешуй рептилий и демонстрирующие эволюцию лошади (рис. 125).

Русский учёный-зоолог В.О. Ковалевский (1842–1883) по ископаемым находкам с помощью переходных форм воссоздал филогенетический ряд лошади. Метод создания филогенетических рядов, введённый в палеонтологию В.О. Ковалевским, широко используется и в настоящее время.



Владимир Онуфриевич Ковалевский (1842–1883), русский зоолог-палеонтолог

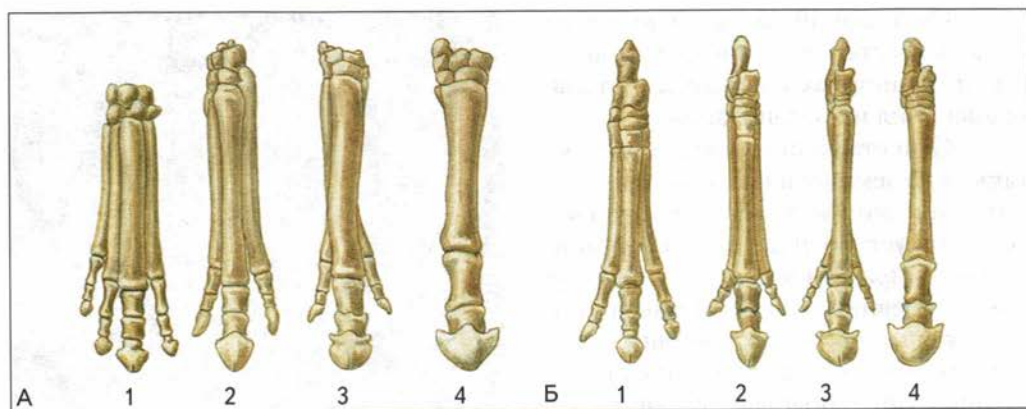


Рис. 125. Эволюция конечностей лошадиных: А — передняя конечность; Б — задняя конечность; 1 — эогиппус; 2 — миогиппус, 3 — мерикгиппус; 4 — лошадь (*Equus*)

Эмбриологические доказательства эволюции. Убедительные доказательства родства между организмами представляет эмбриология — наука, изучающая зародышевое развитие организмов.

Сравнение эмбриогенеза (зародышевого развития) различных позвоночных животных, например рыб, амфибий, птиц и млекопитающих, показывает, что их ранние стадии развития очень сходны между собой. Но на поздних стадиях эмбрионы этих животных уже различаются, и довольно сильно. Эти факты сходства эмбрионов у позвоночных животных были впервые описаны в первой половине XIX века отечественным учёным-эмбриологом К.М. Бэр.



Карл Максимович Бэр (1792–1876), российский естествоиспытатель, эмбриолог

В книге «Об истории развития животных» (1828) он сопоставил зародышевую организацию представителей различных классов позвоночных животных и пришёл к важным выводам, согласно которым все зародыши позвоночных воспроизводят общие признаки типа (то есть как бы исходят из общего типа организации), развиваясь в дальнейшем в разных направлениях, «обособляясь друг от друга». При этом, утверждал Бэр, в ходе эмбриогенеза у разных классов позвоночных *общие признаки типа формируются раньше, чем видовые признаки вида*. Эмпирические обобщения, сделанные Бэром о закономерностях эмбрионального развития, Дарвин рассматривал как одно из существенных доказательств эволюции и назвал их *законом зародышевого сходства*. Позже это было названо *законом Бэра* (рис. 126).

К.М. Бэр первым в науке исследовал и описал яйцеклетку млекопитающих. Интересно, что рассматри-

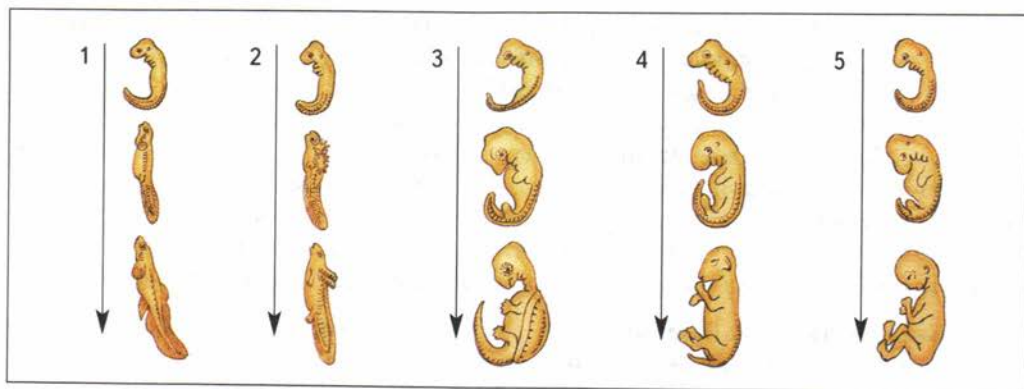


Рис. 126. Сходство стадий эмбрионального развития позвоночных: 1 — рыба; 2 — амфибия; 3 — рептилия; 4 — млекопитающее; 5 — человек

вая эту яйцеклетку, он очень удивился, найдя её необычайно большое сходство с яйцеклеткой птиц.

Зародышевое сходство разных видов является следствием их филогенетического родства и указывает на общность происхождения.

По мере развития (в онтогенезе) сходство между зародышами ослабевает и начинают проявляться признаки тех классов позвоночных, к которым принадлежат данные животные. В ходе эмбрионального развития у эмбрионов происходит расхождение признаков: у них появляются признаки, характеризующие класс, затем отряд, род и, наконец, вид, к которому они принадлежат. Такое явление Дарвин назвал «свидетельством общности происхождения позвоночных животных».

Идеи, высказанные Бэром и Дарвином, получили развитие в трудах немецких учёных-зоологов Ф. Мюллера и Э. Геккеля (1866). Рассматривая взаимоотношения между онтогенезом (индивидуальное развитие организма) и филогенезом (историческое развитие систематических групп), они сформулировали эмпирическое обобщение, которое было названо *биогенетическим законом* или *законом Мюллера — Геккеля*.

Ф. Мюллер в 1864 году установил закономерность, а Э. Геккель в 1866 году сформулировал биогенетический закон: «*Онтогенез всякого организма есть краткое и сжатое повторение филогенеза данного вида*». Филогенез, по Геккелю, осуществляется главным образом путём появления («наращивания») новых стадий в конце онтогенеза.

В эволюционно-морфологическом отношении связи онтогенеза и филогенеза были наиболее полно рассмотрены и развиты позже А.Н. Северцовым в его «Теории филэмбриогенезов» (1939). По концепции Северцова, *филогенез представляет собой генетический ряд онтогенезов*, который не следует рассматривать как ряд сменяющихся состояний организмов

последовательных поколений. Дело в том, что эволюционируют не только фенотипы, представляющие совокупность всех внешних и внутренних признаков организма, но и их онтогенезы. Изменчивость организмов проявляется на всех стадиях индивидуального развития (онтогенеза) и служит материалом для действия естественного отбора. Поэтому Северцов уточняет кратко: «Филогенез есть эволюция онтогенеза». Изменения темпов индивидуального развития, особенно на стадии дифференцировки различных органов у эмбриона могут служить одной из форм эмбриональной изменчивости, которая даёт богатый материал для различных эволюционных преобразований.



Биогенетический закон позволяет использовать данные эмбриологии для воссоздания хода эволюции.

Биогенетический закон применим и для растений.

1. Какие доказательства эволюции предоставляет палеонтология?
2. Поясните роль филогенетических рядов в доказательстве эволюции.
3. Укажите различие между понятиями «микроэволюция» и «макроэволюция».
4. Сформулируйте закон зародышевого сходства.
5. Почему биогенетический закон служит доказательством эволюции организмов?

§ 70

Основные направления эволюции

Вспомните:

- отличие макроэволюции от микроэволюции;
- примеры палеонтологических доказательств эволюции;
- роль закона зародышевого сходства для доказательства эволюции.

Биологический прогресс. Эволюционный процесс на Земле создаёт 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 их более выгодную приспособляемость к жизни, а следовательно, лучшую выживаемость, активизацию размножения организмов и более широкое распространение в природе.

Возрастание приспособленности организмов к окружающей среде, сопровождающееся увеличением численности и более широким распростране-

нием вида, называют *биологическим прогрессом* (от лат. *progressus* — «движение вперёд»). 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 (макроэволюции) позволило выделить три главных направления, которые ведут к биологическому прогрессу. Идея о возможных путях достижения биологического прогресса в процессе эволюции была разработана нашим крупным учёным-эволюционистом А.Н. Северцовым в 1925 году. Он назвал три главных направления эволюционных преобразований: 1) морфофизиологический прогресс — повышение общего уровня организации, её усложнение; 2) морфофизиологический регресс (противоположное направление); 3) идиоадаптация — развитие частных приспособлений, не изменяющих общий уровень организации. Позднее А.Н. Северцов первое направление назвал *ароморфозом*, а второе — *дегенерацией*.

Ароморфоз (от греч. *airo* — «поднимаю» и *morphosis* — «образец», «форма»), по А.Н. Северцову, характеризует возникновение в ходе эволюции таких признаков, которые повышают общий уровень биологической организации и изменяют все свойства организмов. Ароморфозы дают большие преимущества видам в борьбе за существование и открывают новые возможности в использовании внешних условий среды — освоении новых, прежде не доступных источников питания и новых местообитаний.

В эволюции живых организмов можно выделить несколько крупных ароморфозов: возникновение фотосинтеза, появление многоклеточности, половое размножение, приобретение постоянной температуры тела, появление головного мозга, прогрессивное развитие кровеносной и дыхательной систем, развитие челюстей у предков позвоночных животных, возникновение семян у растений и пр.

Ароморфозы — это крупные эволюционные преобразования в строении и функциях организмов, одно из основных направлений эволюции живого мира.

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, появле-



Алексей Николаевич Северцов (1866–1936), автор многочисленных исследований по сравнительной анатомии позвоночных животных. Создал теорию биологического прогресса и регресса как основных направлений эволюции

ние у растений пыльцевой трубки, доставляющей спермии к яйцеклетке, освободило процесс оплодотворения от обязательного участия воды, тем самым обеспечив цветковым растениям возможность широко распространиться по суше. Но это свойство одновременно сопровождалось рядом других ароморфных признаков. Среди них: развитие проводящей сосудистой системы; появление устьиц, регулирующих испарение; развитие рыльца на пестике, обеспечивающего прорастание пыльцевой трубки в пределах пестика.

Формирование ароморфоза — это 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. Поэтому ароморфоз часто называют магистральным путём эволюции органического мира.

Дегенерация (от лат. *degenero* — «вырождаюсь») — это направление эволюции, при котором развитие групп идёт по пути *морфофизиологического регресса* (от лат. *regressus* — «возвращение», «движение назад»), то есть эволюционного развития, связанного с процветанием группы, формирующейся на основе *деградации* (от лат. *degradatio* — «упрощение») строения и функций.

Примером могут служить регрессивные преобразования при переходе животных к неподвижному, сидячему образу жизни и паразитизму.

Так, переход к паразитическому образу жизни у многих организмов сопровождается резким упрощением ряда систем органов и даже полной потерей некоторых из них. У растения *повилики* (*Cuscuta europaea*), паразитирующего на многих цветковых растениях, полностью утрачена способность к фотосинтезу, а её 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 (рис. 127).

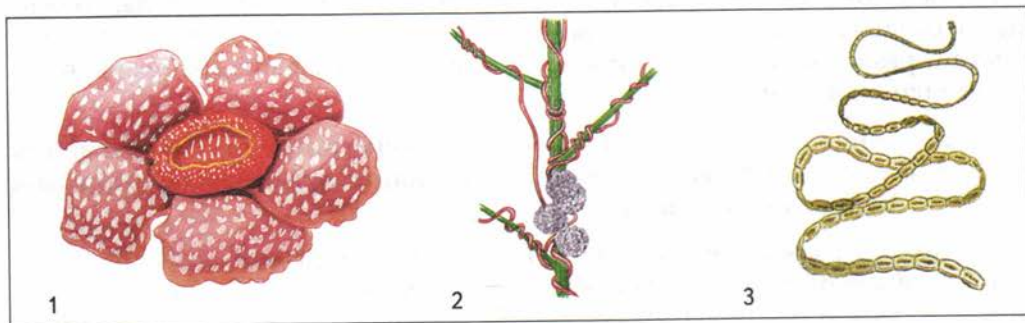


Рис. 127. Паразитические организмы: 1 — раффлезия; 2 — повилика; 3 — свиной цепень

Упрощение биологической организации группы организмов при соответствующем образе жизни часто обеспечивает ей большое процветание. Благодаря дегенерации обеспечивается вхождение видов в новую адаптивную среду. Это можно рассматривать как приобретение принципиально новых особенностей, делающих возможным переход на новый уровень организации.



Общая дегенерация — это одно из основных направлений эволюции, способствующее достижению биологического прогресса группы.

Идиоадаптация (от греч. *idios* — «особый», «своеобразный» и лат. *adaptatio* — «приспособление», «прилаживание») — направление эволюции, при котором происходит смена частных приспособлений, но общий уровень биологической организации группы не меняется. Поскольку меняются лишь детали, а общий уровень организации остаётся прежним, идиоадаптацию называют частным приспособлением.

Идиоадаптация ведёт к появлению разнообразных приспособительных форм организмов к существующим условиям жизни. В отличие от ароморфозов, идиоадаптация не затрагивает общего уровня биологической организации группы организмов, но обеспечивает появление разнообразных приспособительных форм и вариантов группы в пределах одного уровня.



Идиоадаптации обеспечивают возникновение большого разнообразия приспособленности 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), имеющих множество способов распространения семян, опыления и пр. (рис. 128, А).

Примером идиоадаптации на уровне рода может служить разнообразие видов выюрков, обнаруженных Ч. Дарвином на островах Галапагосского архипелага. Все виды выюрков имели сходный уровень организации, но, находясь в различных условиях отдельных островов, приобрели совершенно разные свойства, проявляющиеся в размещении своих укрытий, постройке гнёзд и особенно в способах добывания пищи. Одни виды освоили питание плодами растений, другие — семенами, третьи стали насекомоядными, а один вид даже приспособился слизывать кровь у раненых животных. Все эти приспособления повлекли за собой изменения в облике выюрков (в форме клюва, размере головы, хвоста и всего тела), их поведении и общем образе жизни (рис. 128, Б).

Взаимоотношения трёх направлений. Три основных направления хода эволюции в природе взаимосвязаны. Характеризующие их процессы идут непрерывно и одновременно, сочетаясь между собой или сменяя друг друга. Обычно ароморфозы задают и определяют новые направления и этапы развития живого мира. Затем эволюция идёт по пути идиоадаптации или дегене-

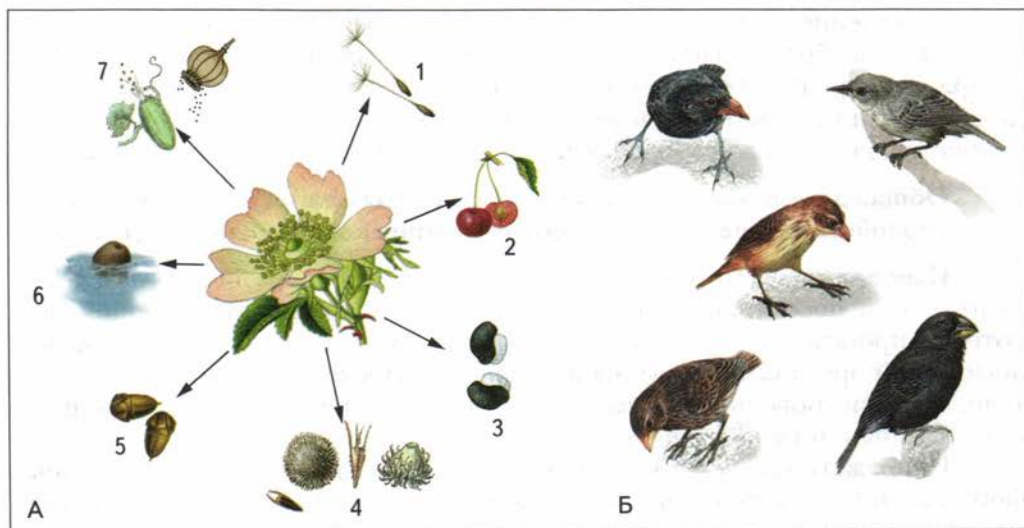


Рис. 128. Идиоадаптации у растений и животных:

А — разнообразие способов распространения семян цветковых растений:

1 — ветром (одуванчик, сосна); 2 — птицами (вишня, слива); 3 — муравьями (чистотел); 4 — на шерсти животных (череда, репейник); 5 — ногами людей (подорожник); 6 — водой (кокос); 7 — саморазбрасыванием (мак, недотрога, бешеный огурец); Б — разнообразие выюрков на островах Галапагосского архипелага

рации, обеспечивая организмам групп существование в новой среде. По истечении некоторого времени весь этот процесс может многократно повториться, увеличивая многообразие форм организмов и их групп.

Взаимоотношения трёх основных направлений эволюции, их чередование А.Н. Северцов изобразил в виде схемы (рис. 129).

Проблема направленности эволюции. Направленность эволюции остаётся в науке предметом оживлённых дискуссий, главным образом по вопросу о том, что считать прогрессом. Некоторые учёные выдвинули ряд новых критериев морфофизиологического прогресса. Например, И.И. Шмальгаузен в 1938 году, принимая на основе работ Л. Берталяни системный подход в биологии, называет как важный признак прогресса «совершенствование интеграции живых систем». Словом «интеграция» он обозначает взаимопроникновение разных структурных элементов в системе, при котором хотя и происходит некоторая утрата (редукция) элементов, но сама система при этом становится качественно иной, приобретает новые свойства. Шмальгаузен предложил общую дегенерацию по аналогии с ароморфозом назвать термином *катаморфоз* (от греч. *kata* — приставка, означающая движение сверху вниз, и *morphe* — «форма»), а идиоадаптацию — *алломорфозом* (от греч. *allo* — «другой», «иной» и *morphe* — «форма»). Ботаником А.Л. Тахтаджаном, дарвинистом А.А. Парамо-

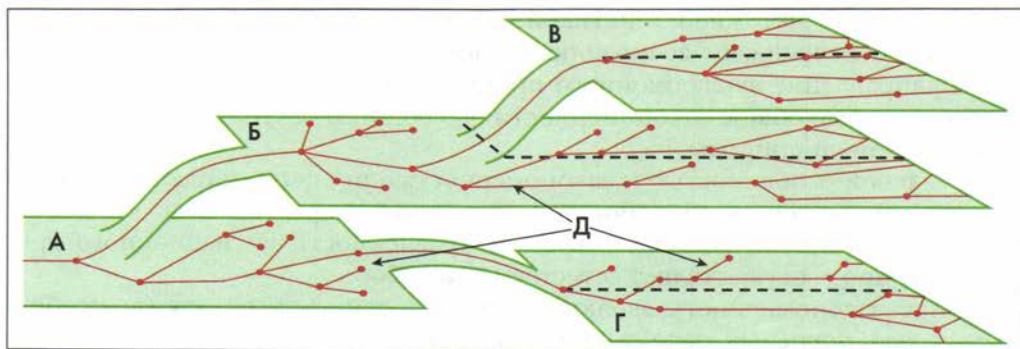


Рис. 129. Основные направления эволюции: А — исходный уровень биологической организации группы; Б и В — ароморфозы; Г — дегенерация; Д — разветвления на плоскостях — различные идиоадаптации

новым и другими были предложены иные названия трёх главных направлений эволюционного процесса — соответственно *арогенез*, *катагенез* и *аллогенез*. Эти термины часто встречаются в современной биологической литературе. Но все новые дополнения и терминологические изменения не затрагивают основной сути труда А.Н. Северцова; именно им сформулированы и всеми признаны три основных направления эволюции, совершающейся на нашей планете.

1. Какую эволюционную роль выполняют ароморфозы и идиоадаптации?
2. В чём состоят сходство и различия ароморфоза и дегенерации?
3. Сравните между собой термины «ароморфоз» и «арогенез». Какие аспекты направлений эволюции они выражают?

Лабораторная работа № 9 «Выявление ароморфозов и идиоадаптаций у организмов» (см. Приложение).

§ 71

Основные закономерности и результаты эволюции

Вспомните:

- главные направления эволюции;
- значение дегенерации в природе;
- направления морфофизиологического прогресса.

Основные закономерности эволюции. Материалы, представляемые различными биологическими дисциплинами (палеонтологией, систематикой,

сравнительной анатомией, генетикой, цитологией, экологией, биогеографией и пр.), обеспечивают возможность с достаточной точностью определить ход и направление эволюционного процесса. Их изучение позволило выделить некоторые общие закономерности эволюции и общую направленность 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.

Как закономерность эволюции следует отметить её другую особенность — *необратимый характер*. Так, организмы, популяции и виды, возникшие в ходе эволюции, не могут вернуться к прежнему состоянию своих предков. И это понятно, так как каждое эволюционное изменение представляет собой комбинацию многих независимо возникающих и подхваченных отбором перестроек наследственности. Поэтому ясно, что возвращение к первоначальному исходному типу уже невозможно. Надо также учесть, что эволюционируют не особи, а популяции, отбираются не отдельные гены и признаки, а комплексы генов, и контролируются отбором целые генные комплексы — геномы. Поэтому трудно ожидать, чтобы ещё 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.

Важной закономерностью эволюции выступает *прогрессивное усложнение форм жизни*. Это проявляется как в общем усложнении живых форм — от первичных организмов до человека, так и в пределах конкретных групп организмов. При этом эволюция является процессом не программированного развития живой природы, а направляемого действием естественного отбора. В таком прогрессивном усложнении органического мира проявляется общая *направленность* как *тенденция* в движении эволюционного процесса.

Следует подчеркнуть, что направленность развития в группах определялась не какой-то внутренней тенденцией, а многократной дивергенцией и вымиранием многих ветвей потомков, сохранением какой-то единственной ветви, давшей начало новому виду, его роду, семейству и видам, более приспособленным к жизни в пределах их новой среды обитания.

Целенаправленной эволюции не существует, а тенденция развития полностью зависит от естественного отбора.

Важной закономерностью процесса эволюции следует считать направленность эволюционного процесса на развитие *приспособленности* видов к условиям среды обитания.

Как закономерность процесса эволюции выступает также *формирование сопряжённых (коадаптивных) свойств* у видов, совместно обитающих в конкретных биогеоценозах. Коадаптация (от лат. *coadaptatio* — «взаимное приспособление») — обоюдная адаптация разных видов в процессе сопряжённой (совместно протекающей) эволюции. Например, в свойствах хищника и его жертвы всегда имеются признаки, как бы оттачиваемые взаимоотношениями этих организмов. При этом обычно жертва задаёт с помощью естественного отбора улучшение качеств у хищника. В свою очередь, свойства хищника по обратной связи приводят к улучшению свойств жертвы. Такими же являются обоюдные адаптации хозяина и паразита и взаимные приспособления различных органов в целостном организме, обеспечивающие максимальную согласованность их функций в процессах жизнедеятельности. Коадаптация широко наблюдается во всех царствах живого мира.

Таким образом, эволюция — это непредсказуемый и необратимый процесс развития живого мира, идущий незапрограммированно, но сопряжённо у видов, обитающих совместно в окружающей среде, который начался на нашей планете с момента появления на ней жизни. При этом эволюция осуществляет постепенное, но прогрессивное усложнение живых форм. Все эти эволюционные явления развития жизни в биосфере совершаются в пределах популяционно-видового структурного уровня организации живой материи.

Результаты эволюции. Эволюция — исторический процесс изменения форм живых организмов на Земле. Результатами этого процесса, постоянно направляемого естественным отбором, выступают формирование приспособленности видов к условиям среды обитания и появление новых видов.

Приспособленность, или адаптация (от лат. *adapto* — «прилаживаю»), организмов — результат эволюции. Приспособленность выражается в совокупности морфофизиологических, поведенческих, популяционных, географических и других особенностей вида, обеспечивающих его приспособление к определённым условиям внешней среды.

Адаптации могут возникать лишь при наличии у соответствующих организмов определённых генетических предпосылок. Совершенно ясно, что приспособленность организмов всегда относительна, поскольку в новых условиях она может и не обеспечить оптимального уровня жизни.

В природе встречается множество форм приспособленности организмов к окружающей среде. Поэтому адаптации часто классифицируют, разделяя их на группы — по принадлежности к разным аспектам среды, по эволюционной значимости, по морфологическому содержанию, по происхождению и др.

Назовём некоторые примеры приспособленности. *Покровительственная окраска* и *маскировочная форма тела* животных организмов делает их менее заметными на фоне окружающей природной среды. *Угрожающая* и *потугивающая* окраска обычно бывает представлена в виде ярко-крас-

ных полос и пятен, иногда в форме глазчатого пятна. *Мимикрия* — уподобление неядовитых организмов по окраске и форме тела ядовитым видам, что обеспечивает выживание незащищённым животным (см. рис. 58, 59, 60). Выработка в организме особых *защитных веществ* (сахаров, жиров, антифризов и др.) обеспечивает выживание растений и животных в экстремальных условиях. Важную роль в жизни организмов играют *приспособительные ритмы* 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, многое другое.

Приспособленность строения и функций организма происходит только к конкретной среде обитания. В иных условиях эта приспособленность может не обеспечивать организму благоприятного существования. Поэтому, говоря о приспособленности, всегда имеют в виду её относительный характер. Любая приспособленность помогает организмам выжить лишь в тех условиях, в которых она сформировалась под влиянием движущих сил в процессе микроэволюции. Например, в условиях рано выпавшего снега ещё не успевший полинять заяц-беляк становится хорошо заметным. Яблоня, слива, черёмуха раскрывают цветки весной и в холодное время, хотя при низких температурах насекомые-опылители не летают.

Приспособленность относительна ещё и потому, что всегда возможны более совершенные формы адаптации к данной среде обитания.

Различают общие адаптации и частные. Общие — это приспособления к жизни в обширной зоне среды, например появление крыльев у птиц, а частные — специализация к определённому образу жизни, например крылья стрижа (узкие, длинные, для быстрого, стремительного полёта) и крылья совы (большие, с мягким оперением, обеспечивающие бесшумный и маневренный полёт).

Видообразование, то есть создание множества новых видов, — другой важнейший результат процесса эволюции. Не случайно Ч. Дарвин посвятил свой основной труд «Происхождение видов» поиску объяснения путей образования новых видов. Именно поэтому видообразование является главным вопросом современной синтетической теории эволюции.

Живой мир на Земле отличается поразительным многообразием видов живых существ. К настоящему времени их описано более 2 млн. Процесс выявления новых видов продолжается и поныне. Многообразие видов наука биология выражает в виде системы органического мира.

Современная система многообразия видов, построенная на основе эволюционного родства организмов, называется *естественной системой живых организмов*. Она включает в себя всё многообразие организмов.

Как отмечалось выше (см. § 69), система живых организмов отражает ступени эволюционного развития органического мира и родственную преемственность между таксономическими группами. Система форм жизни на Зем-

ле формируется путём процесса видообразования и, следовательно, является важным результатом процесса эволюции.

1. Назовите основные закономерности эволюции органического мира.
2. Какие процессы являются главным итогом эволюции?
3. В чём заключается сущность закона необратимости эволюции?
4. Почему эволюцию иногда называют процессом формирования адаптаций (адаптациогенезом)?
5. В чём заключается сущность понятий «эволюция» и «коэволюция»?

§ 72

Система живых организмов как результат процесса эволюции на Земле

Вспомните:

- результаты эволюционного процесса на Земле;
- значение в природе видообразования;
- значение приспособленности для живых организмов.

Традиционная система органического мира. Современная систематика строит систему всех существующих и вымерших организмов на основе эволюционных, или филогенетических (от греч. *phylon* — «род», «племя» и *genesis* — «происхождение»), отношений, опираясь на данные разных разделов биологии (морфологии, генетики, эмбриологии, молекулярной биологии, экологии, палеонтологии и пр.).

Система, построенная на основе эволюционного родства организмов, называется естественной системой живых организмов.

Система служит базой для многих разделов биологии в их теоретическом и прикладном (практическом) аспектах. Особая роль системы живого мира заключается в том, что она создаёт возможность ориентироваться во множестве существующих видов.

Подавляющее большинство ныне живущих организмов состоит из клеток. Поэтому все живые организмы делятся на клеточные и неклеточные формы.

Неклеточные (доклеточные) организмы — вирусы способны проникать в живые клетки различных организмов и размножаться только внутри них, используя их генетический материал и энергию. К настоящему времени описано более тысячи видов вирусов. Они распространены в природе повсеместно и способны поражать все клеточные организмы. Всё многообразие не-

клеточных форм жизни систематика объединяет в одну крупную таксономическую группу — царство *Вирусы*.

Клеточные организмы — большая и разнообразная группа, которую обычно разделяют на два надцарства: *Доядерные*, или *Прокариоты*, и *Ядерные*, или *Эукариоты*. В надцарстве прокариот выделяют два царства — *Бактерии* (в том числе *цианобактерии*, или *синезелёные водоросли*) и *Архебактерии*.

Что касается надцарства эукариот, то здесь в настоящее время нет единой общепризнанной системы. В нашей стране обычно используют систему, в которой среди надцарства эукариот различают три крупных группы: царство *Растения*, царство *Животные* и царство *Грибы*.

Основной единицей классификации служит вид.

Взаимоотношения крупных систематических групп, согласно *традиционной* (для середины и конца XX века) системе организмов, показаны на схеме (рис. 130).

Вид объединяет особей, обеспечивающих продление существования вида через скрещивание между собой и размножение. Каждый вид относится к *роду*, в котором находятся и другие виды, сходные с первым, но уже репро-

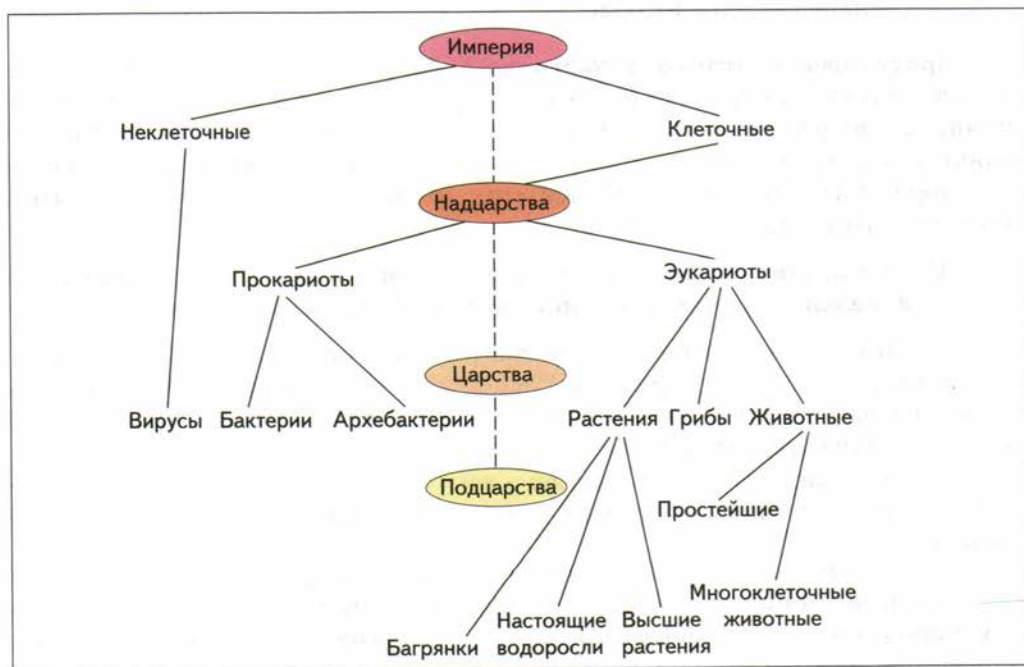


Рис. 130. Традиционная система живых организмов Земли

дуктивно изолированные от него. Один или несколько близких родов объединяются в *семейства*, имеющие общее происхождение и чётко выраженные отличия от других семейств. Семейства объединяются в *порядки* (*отряды*), порядки (отряды) объединяются в классы, а классы — в *отделы* (*типы*), которые различаются между собой наиболее существенными морфофизиологическими свойствами входящих в них организмов и соответствуют 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 всё более отдалённым родством.



Система разных таксономических групп отражает ступени эволюционного развития органического мира и родственную преемственность между группами организмов.

Традиционная система живого мира была выстроена систематиками только во второй половине XX века, а раньше весь органический мир делили, как в древности, лишь на два царства — Растения и Животные. При этом к растениям относились и грибы, и бактерии, и цианобактерии, а вирусы не считались живыми организмами.

Принципиально важным оказалось развитие в 50-х годах XX века электронной микроскопии, позволившей увидеть своеобразие прокариотных клеток и их отличие от клеток эукариот. В результате были выделены два существенно различающихся надцарства — Прокариоты и Эукариоты — со своими царствами живых организмов.

Трудности разграничения групп организмов в системе. Распределение организмов по разным таксономическим группам не является простым делом. Даже разграничение животных и растений, особенно на уровне их одноклеточных форм, составило проблему. Примером тому может служить класс *Жгутиковые* — очень древняя группа одноклеточных организмов. Их местоположение в традиционной системе живого мира так и не было чётко определено. Поэтому некоторых представителей жгутиковых организмов включают в царство растений (как зелёные одноклеточные жгутиковые водоросли); среди них — *хламидомонада*, *эвглена зелёная* и др. Других одноклеточных жгутиковых относят к царству животных; это — *трипаносомы*, *опалины*, *трихомонады* и др. У первых имеются хлоропласты, несущие зелёный пигмент хлорофилл, поэтому они на свету осуществляют фотосинтез и являются автотрофами. Вторым свойственен гетеротрофный обмен веществ, то есть, как и животные, они используют в качестве пищи готовые органические вещества. Имеются также виды, совмещающие в себе обе формы обмена — автотрофный и гетеротрофный (например, *эвглена зелёная* из эвгленовых, *политома* и *хиалогониум* из вольвоксовых и др.), 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 учёные относят то к типу *Плоские черви*, то к типу *Кишечнополостные*. Группа беспозвоночных животных — *тихоходки* — в своём строении сочетает черты *кольчатых червей* и *членистоногих*. Подобных примеров много. Имеются случаи и ошибок. Так, *ланцетник* первоначально был описан как моллюск (*Limax lanceolatus*), а позднее было доказано, что это хордовое животное — ланцетник (*Branchiostoma lanceolatum*). Долго не включались в систему живых организмов вирусы.

Большие разногласия идут по поводу подцарства животных *Простейшие*, и многие зоологи помимо одноклеточных водорослей включают в него ещё и *низшие грибы*. Разногласия учёных свидетельствуют о том, что чёткой морфофизиологической границы между тремя царствами эукариот нет. Однако это же подтверждает наличие единого процесса исторического развития живых организмов и появление в ходе его *промежуточных форм*, имеющих признаки переходного характера, сближающих одну группу организмов с другой или, наоборот, отделяющих их.

На рубеже XX–XXI веков вся система эукариот стала серьёзно пересматриваться учёными, и этот процесс далёк от завершения. Это связано с тем, что в XX веке появился новый богатый материал по ультраструктуре, биохимии и генетике клеток эукариот, получили широкое распространение методы молекулярного анализа ДНК и других важных органических соединений, стали широко использоваться методы компьютерной обработки данных. Эти исследования привели к необходимости построения новой системы живого мира.

1. Что выражает система органического мира?
2. Какие грандиозные открытия начала XX века в науке биологии отразились в системе органического мира?
3. Что привело к необходимости пересмотра традиционной системы организмов?
4. Постройте через таксоны разного ранга эволюционный ряд от названного вида до его царства:
 - кишечная палочка...
 - виноградная улитка...
 - одуванчик обыкновенный...
 - сосна сибирская...
 - кукушкин лён...

Вспомните:

- отличие естественной системы организмов от искусственной системы;
- на какой основе строится естественная система организмов;
- крупные группы (таксоны), представленные в традиционной системе живого мира.

На пути к созданию новой системы организмов. Применение молекулярно-биологических методов в 50–60-х годах XX века привело к накоплению огромного количества фактических данных и к пересмотру существующей традиционной системы живого мира. Пересмотр существенно касался таксонов (от греч. *taxis* – «расположение») эукариот, особенно одноклеточных организмов, в частности простейших. Было установлено, что эта группа оказалась особенно разнообразной, её стали разделять на многие типы, сильно различающиеся между собой.

Многочисленные исследования ультраструктурных, а затем и молекулярно-генетических свойств организмов привели к выводу, что нужны новые представления о простейших и надо создавать новые классификации, которые так или иначе затронут систему всех эукариот.

Дело в том, что формы тела и размеры простейших в высшей степени разнообразны; это обусловлено особенностями развития их цитоскелета в связи с характером движения, а также особенностями питания и размножения. По мере изучения простейших видоизменялись представления об их строении, это отражалось в названии групп организмов и их классификации. Такое явление наблюдалось во все времена изучения простейших. Например, термин «простейшие» (Protozoa) был введён в 1818 году, так назывались одноклеточные организмы и некоторые многоклеточные (кишечнополостные, губки и мшанки). В середине XIX века этот термин был заменён термином «древние животные» (Archaeozoa). Однако в 1860 году, учитывая тот факт, что микроскопические одноклеточные организмы очень древние, появились на Земле одними из первых и, естественно, примитивнее крупных многоклеточных, их выделили в отдельную группу с названием «протоктисты» (от греч. *protos* – «первый»). Этим названием мелкие одноклеточные организмы были отделены от растений, животных и грибоподобных. В 1866 году Э. Геккель предложил термин «протисты» в качестве названия особого царства, включающего помимо простейших некоторых прокариот, все водоросли и низшие грибы.

В последующие годы исследования многих учёных выявили огромное разнообразие в строении клеток протистов. В начале XX века было установлено различие между прокариотическими и эукариотическими клетками. Эти

данные никак не укладывались в ранее существующую систему организмов, поэтому уже в середине XX века была построена новая система — традиционная система органического мира. Её первое описание и графическое изображение, предложенное в 1959 году Р.-Х. Уиттекером, вошло во многие учебные книги (рис. 131). В ней три царства эукариот хорошо очерчены и отделены друг от друга, а чёткая граница между ними и протистами отсутствует. Чёткая граница проведена с прокариотами (названными здесь монерами).

Активное использование ультраструктурных исследований выявило огромное разнообразие в строении одноклеточных эукариот, поэтому в конце 70-х годов XX века вновь возникла необходимость пересмотра всей существующей системы органического мира.

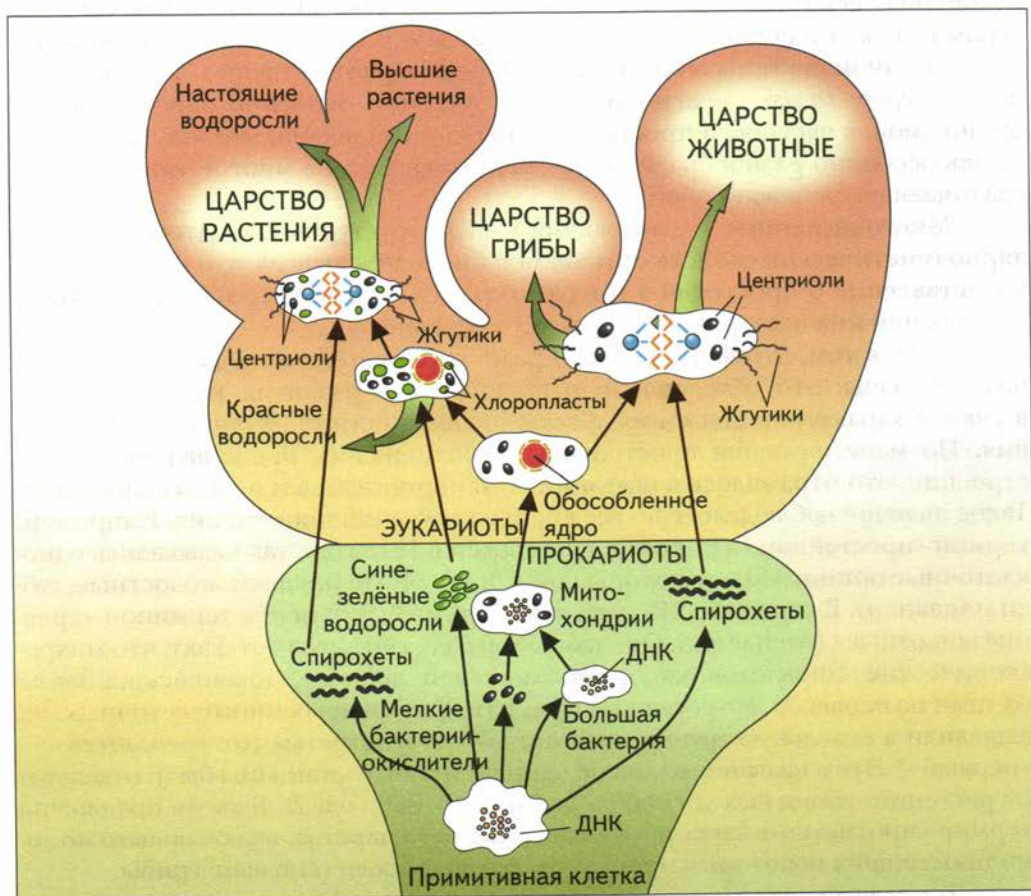


Рис. 131. Схема филогенетических взаимоотношений между основными группами живых организмов

Развитие представлений о протистах как о переходной форме (в эволюционном плане) между прокариотами и эукариотами, по мнению прото-зоолога профессора Сергея Алексеевича Карпова, привело к пониманию того, что в пределах протистов происходило становление всех внутриклеточных систем, которые в дальнейшем представлены и активно функционируют у растений, животных и грибов. Это функционирование действительно наблюдается и на уровне генома, и на уровне клетки, и на уровне организма. С.А. Карпов подчёркивает, что эти эволюционные события являются исключительно важными, так как определяют накопление признаков крупных линий развития эукариот.

Молекулярные исследования, осуществленные в 70–90-х годах XX века, и особенно применение метода секвенирования для расшифровки последовательности нуклеотидов в рибосомной РНК (рРНК) и ДНК позволили с помощью специальных компьютерных программ построить «молекулярные деревья» — *кладограммы* (от греч. *klados* — «ветвь»), свидетельствующие о филогенетическом сходстве сразу по нескольким генам. Обсудив накопленные факты, Международный комитет протистологов в 2005 году предложил *современную систему органического мира* — глобальную систему всех организмов, функционирующую на основе их всеобщей связи и эволюции. Она рекомендована Международной комиссией протозоологов для использования в научной и учебной деятельности. Приведём её упрощённый вариант (рис. 132).

Как видно из схемы, грибы оказались ближайшими родственниками животных, а бурые и диатомовые водоросли совершенно не родственны красным и зелёным водорослям, а также высшим растениям. Многочисленные простейшие (амёбы, инфузории, споровики, эвгленовые и др.) входят в царства, далёкие как от растений, так и от животных.

Из схемы также следует, что к настоящему времени в системе выделяются лишь шесть крупных групп (таксонов) эукариот, обозначенных новыми названиями. Охарактеризуем кратко эти группы.

Характеристики крупных групп системы эукариот

Амёбозои включают преимущественно амёбообразные организмы. Это наиболее просто организованные амёбы из корненожек (лишены внутреннего скелета и наружной раковины). К амёбозоям относятся и энтамёбы — исключительно паразитические виды, встречающиеся почти у всех животных.

Опистоконты. Эта группа включает организмы, у которых имеется только один жгутик, всегда направленный назад, как у сперматозоида. Эта группа многообразна, но у всех её представителей есть пластинчатые кристы в митохондриях. В группу опистоконтов включены грибы, животные и некоторые группы простейших (воротничковые жгутиконосцы).

Археопластиды. Очень крупная группа эукариот, включающая все высшие растения, зелёные и красные водоросли. Всем им свойственно простое строение пластид (их оболочки состоят из двух мембран).



Рис. 132. Схема современной системы эукариот, разработанная Международной комиссией протозоологов в 2005 г.

Ризарии. Это большая и разнородная группа. Здесь представлены солнечники, радиоларии, раковинные амёбы, фораминиферы и др.

Хромальвеолаты. Включают достаточно разнородные группы — альвеолатов (инфузории и споровики) и гетероконтов (бурые и диатомовые водоросли). Все эти организмы объединяются в данную группу по некоторым морфологическим признакам, например по наличию трубчатых крист в митохондриях.

Экскаваты. В эту группу входят различные жгутиконосцы — эвгленозои и якобиды. Многим из них свойственно наличие на их теле бороздки, в которой проходят один или несколько жгутиков. Биение этих жгутиков поднимает вокруг сидящей на субстрате клетки различные частицы, которые заглатываются простейшими. Отсюда произошло название экскаватов (лат. *excavate* — «копать», «раскапывать»). Среди экскаватов есть свободноживущие (эвглена) и паразитические виды (трихомонада).

Предложенная система не является окончательной, так как место многих организмов в ней ещё не определено. Однако она наметила перспективы дальнейших исследований в области систематики живых организмов.

В настоящее время учёные пытаются найти ответ на важный вопрос: какова последовательность происхождения данных шести таксонов? Поэтому следующим шагом в исследованиях будет поиск предка всех эукариот, то есть наиболее древних эукариот, представляющих корень филогенетического древа, отходящий от прокариот.

Роль систематики в биологии. Систематика — раздел биологии, целями которого является описание, именование и распределение организмов по отдельным группам различного ранга — таксонам. Систематика даёт важные доказательства эволюции, показывая, что все организмы филогенетически связаны между собой в результате существующих между ними эволюционных взаимоотношений.

Фактором, затрудняющим выяснение 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. Но не менее важным является и то, что до настоящего времени не весь ещё живой мир, его виды и надвидовые группы исследованы учёными. К тому же сейчас, вследствие антропогенного воздействия на природу, многое из биологического разнообразия видов губится и исчезает. Это ещё более затрудняет выяснение названных вопросов, решаемых систематикой и учением об эволюции.

Невозможно предвидеть, какое значение для человечества может иметь тот или иной вид в будущем, поэтому учёные и всё прогрессивное человечество совместно с Организацией Объединённых 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. На какой основе построена новая система живого мира?
4. Почему изучение одноклеточных организмов эукариот привело к пересмотру всей ранее существующей традиционной системы живого мира?

§ 74

Особенности популяционно-видового уровня жизни

Вспомните:

- значение популяций в природе;
- значение многообразия видов в природе;
- значение эволюции в природе.

Специфика популяционно-видового уровня жизни. Напомним, что популяция — это внутривидовая группировка особей определённого вида, существующая в течение достаточно длительного времени в виде большого числа поколений и занимающая определённое пространство. Популяция характеризуется

экологическим, морфофизиологическим и генетическим единством. Благодаря популяциям с их бесчисленными поколениями особей вид приобретает «опыт» процесса развития в условиях постоянно изменяющейся среды. Этот опыт закрепляется в соответствующих структурах и функциях биосистемы «вид» и проявляется в особых вещественно-энергетических функциях в биогеоценозе.

Проявление свойств популяции прямо отражается в свойствах вида (как части по отношению к целому), 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.

Как и другие уровни, популяционно-видовой уровень представляет собой специфический, непрерывно развёртывающийся во времени и пространстве процесс существования живой материи. В отличие от биосферного и биогеоценозического уровней, популяционно-видовой структурный уровень характеризуется новыми, особыми, *надорганизменными* 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.

Структура популяционно-видового уровня выражает законы групповой, или надорганизменной, формы жизни. Поэтому при характеристике явлений и законов этого уровня особи как организмы лишь поясняют, иллюстрируют картину групповой жизни популяции и вида, но не отражают её сущность. Групповая форма жизни проявляется 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 возникновения мутаций создаётся общая морфогенетическая структура, обеспечивающая принципиальную возможность широкого генетического разнообразия популяции и её дивергенции.

Основные процессы, свойственные популяционно-видовому уровню — свободное скрещивание, создание многообразия генотипов и обновление генофонда, выработка путём естественного отбора приспособительных свойств организмов в изменяющихся внешних условиях, а также освоение новых территорий («растекание» по земной поверхности). На этом уровне в череде поколений внутри каждой популяции и вида реально осуществляется процесс исторического изменения форм организмов, приводящий к видообразованию и эволюции. То есть в недрах этого уровня, на материале его

компонентов происходит огромной важности событие в движении живой материи — эволюция, выражающая исторический ход развития и преобразования всего органического мира и всей биосферы в целом.

 **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 своего становления, направлено на их самосохранение в течение как можно более длительного времени вплоть до бесконечности, на поддержание устойчивости системы, репродукцию и способность к генетическому изменению в связи с внешней сменой условий.

Значение популяционно-видового уровня. В природе оно 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, — видообразование, с помощью которого эволюция движется вперёд. Без видообразования не было бы многообразия органического мира.

На популяционно-видовом уровне происходит постоянный, в известной мере 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, их более активное качественное и количественное участие в использовании среды обитания в биогеоценозах.

Совершенно очевидно, что эволюционный путь развития и появления видов — это не непрерывное шествие 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 популяции и виды. 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 обеспечивая развитие адаптаций (приспособлений) к новым условиям.

Наконец, на этом уровне жизни происходит важнейшее событие в биосфере — путём эволюции идёт наполнение живой материи колоссальным раз-

нообразием биологических видов и их популяций. С помощью возникающего многообразия популяций и видов обеспечивается саморегуляция биогеоценозов и поддерживается их устойчивость.

Таким образом, благодаря процессам, совершающимся на популяционно-видовом уровне, идёт непрерывное наполнение царств живой природы новыми видами. В то же время, существуя в биогеоценозах, популяции обеспечивают их устойчивость, непрерывность биологического круговорота веществ и потока энергии в них и биосфере в целом. Следовательно, 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. 133).

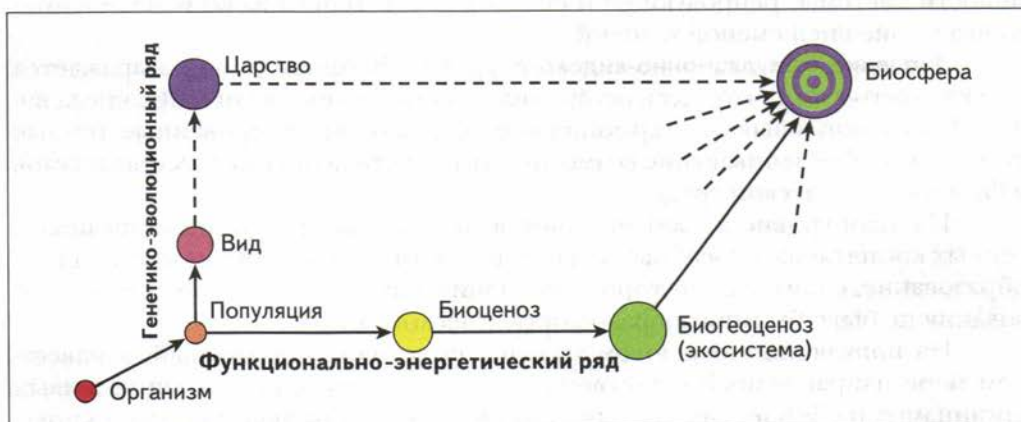


Рис. 133. Схема функциональной роли популяции в природе

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.

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.

1. Почему рассмотренный в данном параграфе уровень называется популяционно-видовым, а не просто видовым или популяционным?
2. Назовите основные характеристики свойств популяционно-видового уровня живой материи.

3. Заполните правильными утверждениями пропуски во фразах.
- Основными структурными элементами популяционно-видового уровня жизни выступают _____.
 - Популяция и вид выражают законы _____ формы жизни.
 - Популяции существуют в определённой среде – в _____.

Проверьте себя.

Что вы узнали из материала главы 11

«Учение об эволюции и его значение»?

Тренируемся

1. Кто первым сформулировал теорию эволюции?
2. Какие идеи выдвигали трансформисты об органическом мире?
3. Назовите отличие теории эволюции Ч. Дарвина от теории эволюции Ж.-Б. Ламарка.
4. Почему теория Дарвина считается важнейшим событием в науке?
5. В чём отличие современной теории эволюции от теории Дарвина?
6. Почему современную теорию эволюции называют синтетической?
7. Какие функции выполняет естественный отбор в эволюции?
8. Назовите элементарные факторы эволюции.
9. Охарактеризуйте роль популяций в синтетической теории эволюции.
10. Назовите основные закономерности эволюции.

Выскажите свою точку зрения

1. Почему исследование простейших (одноклеточных) привело к существенному пересмотру всей системы органического мира?
2. Почему популяция, а не особь или вид, является главной ареной эволюции?
3. Рассмотрите рисунок 129. Почему он имеет такое название?

Проведите наблюдение и установите

Задание 1. Рассмотрите строение лап и когтей передних и задних конечностей кошки. Охарактеризуйте их особенности, укажите различие и определите характер выполняемых ими функций в жизни животного.

Задание 2. Охарактеризуйте черты приспособленности к среде обитания у растений: кактуса (например, цереуса) и традесканции (на-

пример, традесканции зелёной). Можно ли по облику растения определить среду его обитания в природе?

Обсудите проблему

Почему синтетическая теория эволюции была сформулирована только в середине XX века?

Моя позиция

Высказывания современных креационистов — это философия людей, не желающих видеть возможности развития природы.

Узнайте больше

- Прочитайте книгу Ч. Дарвина «Происхождение видов путём естественного отбора» (М.: Просвещение, 1987).
- Прочитайте в Интернете о теории Ч. Дарвина и синтетической теории эволюции на сайте <http://www.macroevolution.narod.ru> или <http://evolution2.narod.ru>

Темы самостоятельных исследований

1. Ж.-Л. Бюффон — выдающийся французский зоолог; его роль в исследовании развития органического мира.
2. К.Ф. Рулье — выдающийся российский учёный; его идеи о развитии живого мира.
3. Братья Ковалевские; их роль в развитии учения об эволюции.

Темы рефератов

1. Примеры, используемые Ч. Дарвином для доказательства приспособленности растений к окружающей среде.
2. Рудиментарные и атрофированные органы у животных как доказательство эволюции.
3. Значение гомологии и аналогии в живом мире.

Основные понятия темы

Теория Ч. Дарвина, синтетическая теория эволюции (СТЭ), креационизм, трансформизм, борьба за существование, естественный отбор, микроэволюция, макроэволюция, переходные формы, филогенетический ряд, закон зародышевого сходства, биогенетический закон, ароморфоз, дегенерация, идиоадаптация, приспособленность (адаптация), система живых организмов, популяционно-видовой структурный уровень.

Вспомните:

- значение биологического разнообразия для природы;
- значение диких видов для человека;
- популяционную структуру видов.

Значение диких видов растений. Эволюция привела к возникновению огромного числа видов живых организмов. Все они приняли участие в создании облика нашей планеты и в формировании биосферы.

Как известно, на Земле сейчас существует несколько миллионов различных видов организмов, 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. Существуют, например, популяции и виды, характеризующиеся долгожительством особей, гигантскими размерами тела, огромной способностью к плодовитости, необычайной живучестью в различных условиях среды, устойчивостью к болезням, обитанием в чрезвычайно суровых условиях, уникальностью строения, поведения, темпов роста или типов развития и пр.

Подобные свойства наблюдаются у видов во всех царствах живой природы. Многие из них человек обнаружил давно и стал использовать в своей жизни. Большое число видов дикорастущих растений вошло в культуру. Одни из них стали широко использоваться в качестве полевых культур (хлебные, масличные, плодово-ягодные, овощные, эфиромасличные, лекарственные, декоративные и пр.). 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. При этом у разных популяций выявляются новые качества вида, нужные для создания нового сорта. Особенно важными считают селекционеры такие генетические качества, как невосприимчивость к болезням, морозостойкость, засухоустойчивость, сахаристость, плодовитость и пр.

Например, в документах Международной конференции ООН о биологическом разнообразии приводятся сведения об экономических выгодах изучения популяций и видов дикорастущих растений и использования этих сведений на службе человеку. Назовём некоторые указанные там факты:

— сорт дикой пшеницы из Турции, отличающийся невосприимчивостью к болезням, был привит различным сортам культурной пшеницы, в результате только в США выгода составила 50 млн долларов;

— один ген эфиопского дикого ячменя защищает сейчас от жёлтого карликового вируса урожай всего калифорнийского ячменя стоимостью в 160 млн долларов США в год;

— древнее мексиканское дикое растение, родственное кукурузе, при скрещивании с современными сортами кукурузы может сберечь фермерам мира до 4,5 млрд долларов США в год;

— стоимость лекарств, производимых в мире из дикорастущих растений, составляет около 40 млрд долларов США 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, скорости нарастания веса тела или удоёв молока у мясомолочного скота, улучшение качества шерсти у овец и пр. Особое внимание уделяется исследованию паразитических видов, вызывающих и распространяющих заболевания животных, растений и человека. Ценность таких исследований неоспорима.

Изучение популяций и видов, живущих в их естественных местообитаниях, проводят с целью выяснения причин сокращения их численности или, наоборот, её 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 вырисовывается перспектива его существования в данном биогеоценозе и вообще в природе.

Самые богатые по многообразию видов на планете — дождевые тропические леса. Занимая всего лишь 8 % площади нашей планеты, 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 обрачиваемость биогенных элементов ведёт к тому, что они все расходуются в разнообразных цепях питания и почти не накапливаются в почве или растительном опаде, трупях. Поэтому уничтожение этих уникальных лесов, которое сейчас идёт чрезвычайно интенсивно, грозит не только потерей уникальных видов растений и животных, но и понижением плодородия почвы на территории, освобождённой от леса. Эти особенности дождевых тропических лесов обусловлены исключительными свойствами разнообразных популяций и видов, сформировавшимися у них при совместном обитании, взаимодействии друг с другом.

Изучение свойств отдельных видов и их популяций стало особенно актуальным в наши дни, когда чрезвычайно быстро идёт уменьшение биологического разнообразия на Земле (рис. 134).

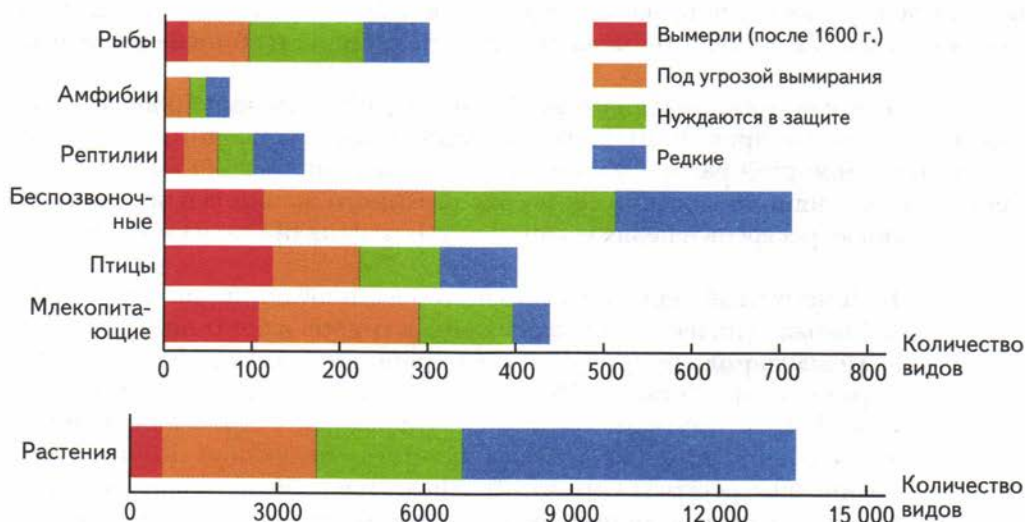


Рис. 134. Количество уничтоженных и находящихся под угрозой гибели видов (на 1992 г.)

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 условиях.

Учёными установлено, что одним из признаков уязвимости популяции является малочисленность её населения. Поэтому очень важно установить пороговую численность (минимальные размеры) популяции у того или иного вида, ниже которой популяция будет обречена на гибель. Этот параметр надо знать при разведении исчезающего вида в природных условиях, в заказниках или зоопарках.

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 биосферы по всей территории земного шара.

Беспечное и неразумное отношение людей к живому миру привело к исчезновению многих видов. Это происходило вследствие прямого (охо-

та, рыболовство, вырубка деревьев и пр.) или косвенного воздействия человека на природу (распашка земель, уничтожение мест обитания и пр.). Если в XVII веке в результате прямого воздействия человека исчезли, например, 86 % видов позвоночных животных, а косвенного — только 14 %, то в XX веке данное соотношение резко изменилось: в результате косвенного воздействия погибло 72 % общего числа видов, исчезнувших из биосферы, а 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. Но особенно эти знания нужны человечеству для разумного, рационального использования живых ресурсов в целях устойчивого развития природы и общества.

1. Почему необходимо изучать не только популяции, но и их виды?
2. Какова цель изучения разных видов грибов и бактерий?
3. Международная программа «Сохранение биологического разнообразия», принятая в 1992 году на конференции ООН в Рио-де-Жанейро, в подтверждение необходимости такого направления в деятельности человечества выдвигает следующий лозунг: «Биологические ресурсы кормят и одевают нас, обеспечивают жильём, лекарствами и духовной пищей». В чём ещё, по вашему мнению, заключается ценность биологических ресурсов?
4. Приведите примеры видов растений или животных, которые находились на грани исчезновения, но усилиями людей были выведены из этого состояния и вошли в природные биогеоценозы как восстановленные виды.

§ 76

Генофонд и охрана видов

Вспомните:

- что называют генофондом;
- как образуются дикие виды и культурные формы (сорта и породы);
- какие виды растений, животных, грибов вы часто встречаете.

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 определённой территории или во всей биосфере.

Важнейшей особенностью генофонда любого вида является его дифференцированность (неоднородность), возникающая у особей при половом процессе, на чём основаны 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 живой природы. Исчезновение вида вызывает нарушение устойчивости биогеоценоза 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 биогеоценоза 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.

Роль диких видов. В природе нет ненужных видов. Все они объединены в единую, хорошо уравновешенную систему органического мира, которая существует по сложным законам жизни. Например, общая роль 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 питания для каких-то живых организмов (различных консументов и редуцентов) и таким путём 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 ещё не выяснено, однако ограниченность сведений о них не даёт человеку права безответственно относиться к ним и к их нуждам. Виды, мало изученные сегодня, завтра будут исследованы более полно, и может оказаться, что многие из них играют большую роль в природе и будут полезны для человека. Свидетельств тому много: развитие фармацевтической промышленности на основе разных растительных видов с целебными свойствами; получение из ранее не привлекающих к себе внимания растений особых химических соединений, которые ныне используются в практике здравоохранения и ветеринарии; использование некоторых животных для биологической борьбы с вредителями культурных растений.

Каждый вид, обладая неповторимым генофондом, необходим природе, но он имеет также потенциальную ценность и для человека, поскольку невозможно предсказать, какие виды могут со временем стать полезными и даже незаменимыми для людей. Об этом хорошо сказал ещё в 1980 году

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 отметить, что наука бессильна воссоздать исчезнувший вид, поскольку эволюция необратима. Значит, человек уже никогда не сможет использовать какие-то свойства исчезнувшего вида. А это большая потеря для человечества, так как каждый конкретный вид — «кладовая идей» для науки и практики. Например, как уже отмечалось, изучение строения цветка *кувшинки белой* и наблюдение за его раскрытием позволили архитекторам найти технологическое решение при строительстве дворцов спорта; цепляющаяся корзинка плодов лопуха (репейника) послужила прототипом создания застёжки-липучки, широко используемой человеком при изготовлении одежды и других предметов быта; борьба со злостным сорняком посевов пшеницы на Алтае — *термопсисом ланцетным* в результате привела к созданию термопсина — эффективного лекарства от кашля (рис. 135).

Изучение разных видов, их общих свойств и специфических особенностей имеет прямое отношение к жизни людей, позволяя селекционерам вывести новые сорта растений и породы животных, не только полезные для человека, но отвечающие его разнообразным эстетическим потребностям.

Известно, что все домашние животные и культурные растения — это потомки некогда диких представителей фауны и флоры. Создание человеком путём искусственного отбора и селекционной работы огромного количества сортов у каждого культивируемого вида свидетельствует об огромных возможностях их генофонда. Обнаружение этих возможностей и позволило человеку вывести различные породы и сорта.

Например, в настоящее время в мировой практике сельского хозяйства используется только два диких вида картофеля — *картофель андийский* и *картофель клубненосный* (*Solanum andigenum* и *S. tuberosum*). Первый



Рис. 135. Термопсис ланцетолистный (1), лопух большой (2), кувшинка белая (3)

возделывается в тёплых районах Южной Америки (Колумбия, Эквадор, Перу, Боливия), а второй — во всех странах умеренного и холодного поясов Земли. От этих двух видов человеком выведены тысячи сортов, различающихся по окраске клубней, их форме, скороспелости, вкусу, лёжкости при хранении, невосприимчивости ко многим болезням. Но в Южной Америке существует около 150 видов дикорастущего картофеля, из них часть видов не имеет периода покоя, то есть они растут непрерывно, как многолетние растения, и при этом тоже образуют клубни. Имеются также виды, успешно произрастающие на больших высотах горной местности, где вегетационный период чрезвычайно короткий, и успевающие образовывать клубни. Использование наследственных свойств 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 мира.

Исследование дикорастущих видов способствует постоянному обогащению культурной флоры. Не так давно (во второй половине XX века) 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 введён в культуру и уже создано более десятка сортов, в том числе облепиха без колючек. В 90-х годах XX века в культуру вошёл кустарниковый вид *жимолость съедобная*, распространённый 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, необходимо установить, что может помешать нормальному существованию видов, выяснить причины их гибели.

1. Почему необходимо изучать дикие виды живых организмов?
2. Каким образом используется генофонд диких видов в практической биологии?
3. Каждый вид играет определённую роль в природном сообществе. Смоделируйте ситуацию того, что произойдёт в каком-то лесном биогеоценозе, если в нём полностью исчезнет ландыш майский.
4. Оцените своё поведение в природе: как вы общаетесь с растениями и животными, обитающими в вашей местности (в селе, городе)?

Вспомните:

- виды раннецветущих растений (подснежников), характерные для вашего региона;
- виды птиц, с которыми вы встречались, когда посещали лес или парк;
- виды растений и животных, охраняемые в вашем регионе.

Современное состояние биоразнообразия. Не везде на Земле существует одинаковое число видов. Видовое богатство не распределяется равномерно по земной поверхности. То же наблюдается и на территории России. Здесь, по данным Комитета по охране природы Российской Федерации за 1994 год, насчитывается более 25 тыс. видов растений и следующее количество животных: около 80 тыс. видов беспозвоночных и более 550 видов позвоночных (24 вида амфибий, 69 тыс. видов пресмыкающихся, более 300 видов птиц, около 100 видов млекопитающих).

Однако в этом перечне видов, обитающих на территории России, не указано даже приблизительное количество видов грибов, простейших и бактерий, существование которых весьма ощутимо в природных экосистемах и имеет огромное значение для здравоохранения.

Знание состава видов необходимо для оценки биологических ресурсов каждого региона и всей биосферы, а также для того, чтобы иметь представление обо всём разнообразии свойств живой материи, которое появилось на нашей планете за период её существования, об эволюционно-родственных связях видов и о пределах 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 возможного освоения биологических ресурсов, не наносящего урон живой природе и человечеству.

Под воздействием человека живой мир планеты стал изменяться как количественно, так и качественно. Если в предыдущие века с лица Земли исчезли главным образом виды, представляющие интерес для охотников (мамонт, тур, дронт и т. п.), то в настоящее время идёт быстрое исчезновение видов, не имеющих промыслового интереса (насекомые, амфибии, рептилии и др.). При этом темпы исчезновения постоянно нарастают.

Известно, что леса и водная среда обладают большим разнообразием видов организмов. Особенно богаты видами влажные тропические леса Южной Америки, Юго-Восточной Азии, Центральной и Западной Африки. Счи-

тается, что там сосредоточено более 50 % всех существующих растений и животных. Но именно в этих районах уничтожение лесов по разным причинам происходит очень интенсивно. Страны тропического региона активно продают древесину, особенно её самые ценные породы. Как показали исследования Национальной академии наук США (1980), ежегодно уничтожается около 20 млн га тропического леса. К началу XXI века площадь этих лесов составила примерно 50 % от первоначальной. И неизвестно, какое число видов почвенных и наземных видов организмов при этом исчезло.

Леса умеренного климата тоже славятся видовым богатством, хотя и не столь большим, как тропические, но и они уничтожаются с большой скоростью. Из данных «Государственного доклада о состоянии окружающей среды Российской Федерации» (1993) известно, что в результате вырубки истощены высокопродуктивные хвойные леса в Карелии, Республике Коми, Пермской, Свердловской, Архангельской, Томской, Тюменской, Амурской, Вологодской, Костромской и Иркутской областях, а также в Красноярском крае.

На местах бывших лесных угодий создаются пашни и пастбища, в лесных массивах идёт заготовка промышленной древесины и дров, леса уничтожают частые пожары и кислотные дожди. Не меньшую тревогу вызывает и ухудшение водной среды — из-за чрезмерного промысла рыбы. Так, в водах Тихого океана у берегов Приморья фактически исчезли некогда обильные виды морского гребешка, краба, голотурии, трепанга, мидии, осьминога. 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.

Всё это представляет серьёзную угрозу существованию разнообразия жизни на Земле и нарушает исторически сложившиеся отношения между видами. Поэтому на Международной конференции ООН в Рио-де-Жанейро была принята программа «Сохранение биологического разнообразия», в которой указывается: «Очень важно предвидеть, предупредить и устранить причины уменьшения биологического разнообразия. Мир должен сохранить биологическое разнообразие и обеспечить устойчивое использование его компонентов справедливым образом».

Причины гибели видов. Исторические причины исчезновения видов связаны с естественными природными процессами, происходящими на поверхности Земли. Примером тому может служить исчезновение многих видов растений (древовидных плауновидных и хвощевидных, древних семенных, 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 потребительское отношение человека к природе. Причём скорость вызванного человеком уменьшения биологического разнообразия примерно в тысячу раз превосходит скорость естественной убыли 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 лекарственных средств, меха и применяемых в декоративном творчестве.

Например, весной любители лёгкой наживы собирают массу раннецветущих растений — подснежников. Из Крыма и с Кавказа везут в Москву и другие северные города редкие эндемичные растения: *подснежник снежный, цикламен кавказский и морозник чёрный*; из лесов умеренного климата вывозят на продажу *ландыш, печёночница, медуница, ветреница, купальница, любка двулистная, грушанка, багульник (рододендрон)* и многие другие растения. Местами совсем уничтожены лекарственные растения: *зверобой продырявленный, чистотел майский, плауны булавовидный и баранец, лапчатка-узик, родиола розовая (золотой корень)*.

Вторая причина — это *разрушение мест обитания* растений и животных. Уничтожение лесов для постройки городов, дачных посёлков, различных промышленных предприятий, прокладка автотрасс и железных дорог, строительство оросительных систем, создание крупных водохранилищ, распахивание лугов и степей под поля и огороды приводят к тому, что за короткое время здесь гибнут сотни видов, причём безвозвратно.

Третьей, не менее важной, причиной гибели видов является *загрязнение окружающей среды*: химическое (кислотные дожди, ядовитые газы в атмосфере, нефтепродукты в почве и водоёмах), физическое (радиация, шум) и особенно биологическое. Последнее выражается в намеренном или случайном вселении в биогеоценозы новых видов, с которыми местные виды не могут выдержать конкуренции.

Четвёртой причиной гибели видов является *непонимание человеком или игнорирование им значения биологического разнообразия*. Безответственное отношение к дикорастущим растениям (деревьям, кустарникам, травам, водорослям) — широко распространённое явление в обществе, особенно среди молодёжи. То же происходит и с миром животных, грибов и бактерий.

Изучение жизнедеятельности видов показало, что организмы 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, а остальная часть генетического разнообразия исчезнет с лица Земли. Однако для человечества чрезвычайно важно сохранение вида как целостности (со всеми его популяциями и особями)

потому, что в будущем может возникнуть необходимость познания и использования тех или иных наследственных свойств, которые могут оказаться уже утраченными. При этом также необходимо предусмотреть сохранение оптимальных размеров популяций и видов, чтобы они могли успешно возобновляться.

Таким образом, современное понимание ценности биоразнообразия предполагает повсеместную организацию охраны всех существующих на Земле видов исходя из принципа: *«Если природа их создала, значит это кому-то надо»*. При этом охрана природы включает следующую систему деятельности: сохранение привычной для обитания видов окружающей природной среды; сохранение генофонда организмов, популяций и видов; сохранение всего исторически сложившегося комплекса совместно обитающих видов (сообществ).

1. Покажите на примере необходимость сохранения видов дикорастущих растений.
2. Назовите главные причины снижения разнообразия видов.
3. В чём состоит значение биологического разнообразия?
4. Охарактеризуйте состояние биологического разнообразия в России.

Вспомните:

- ценность биологического разнообразия для биосферы;
- значение конференции в Рио-де-Жанейро (1992) по теме «Планета Земля»;
- основные причины гибели популяций и видов.

Проблема сохранения видов. Сохранение биологических видов на Земле — одна из главных задач биологии, 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 не только представляет собой эстетическую и нравственную задачу, но и выступает необходимым условием, обеспечивающим поддержание устойчивого уровня биологической продукции, сохранение физико-химических свойств биосферы, регулирование климата, а значит, и существование жизни на планете.

Сохранение биологического разнообразия означает поддержание регулирующих механизмов природы, обеспечивающих бесперебойное функционирование и устойчивое развитие биосферы как экосистем 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.

Ещё на заре человеческого общества существовали определённые ограничения на добычу зверей, птиц, рыб. Например, за 250 лет до н. э. в трудах философов Древней Греции поощряется забота о природе, её ценности и высказывается мысль о том, как спасти её от зла, которое несёт человек. У многих племён и народов существовали священные охраняемые территории — заповедные лесные участки, лежбища морских зверей, места гнездования перелётных 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 века многие ценные лесные массивы были взяты под охрану. При этом Петр руководствовался не эстетическими или культурными соображениями, а хозяйственными интересами, так как эти леса могли обеспечить ценной древесиной строительство военного и торгового флота. В окрестностях Петербурга Петр I ввёл жёсткие ограничения на охоту и порубку леса.

В начале XX века на территории России стали появляться заповедники: в 1913 году — Байкальский (ныне Баргузинский), в 1919 году в дельте Волги — Астраханский, в 1920 году — Ильменский (на Южном Урале). В 1917–1924 годах за подписью В.И. Ленина была опубликована серия указов и декретов 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 путём ограничений и запретов, направленных на сохранение, с одной стороны, отдельных видов организмов, а с другой, — целостных биогеоценотических комплексов.

Однако несмотря на всевозможные природоохранные мероприятия, производимые фактически во всех странах, зелёный покров Земли вместе с её разнообразным населением продолжает сокращаться и опустошаться. Никогда ещё за 500 млн лет эволюции жизни на суше биосфера не подвергалась такой безжалостной эксплуатации, хотя в прошлом нашей планеты бывали 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 динозав-

ров длилось более миллиона лет. К тому же скорость снижения биологического разнообразия видов была несоизмеримо меньше скорости разрушения местообитаний, характерного для настоящего времени. В связи с этим не было угнетено видообразование, то есть успевали возникать новые виды, в том числе виды крупных растений и животных.

В настоящее время опасность заключается не только в том, что катастрофически быстро идёт утрата многих видов живых организмов и их местообитаний. Опасно то, что со столь быстрым вымиранием грядёт прекращение эволюции новых видов крупных растений и животных. Существует реальная опасность торможения или даже прекращения 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 деградационные процессы, сохранят восстановительные силы экосистем, обеспечивающие устойчивое развитие новых, а также стабилизацию исчезающих и редких популяций и видов.

Охрана редких и исчезающих видов. Важной мерой охраны природных популяций и видов является информация о редко встречающихся в природе и находящихся под угрозой исчезновения с лица Земли живых существах.

Редкими называют виды или иные таксономические единицы, которые ещё не находятся под угрозой исчезновения, но их общая численность на планете очень мала. *Исчезающими* являются виды, которые находятся под угрозой исчезновения и выживание которых представляется невозможным, если не будут устранены факторы, вызывающие эту угрозу. Как показывает практика, очень часто в категорию исчезающих попадают редкие виды. Поэтому многие редкие и исчезающие виды в ряде стран становятся *охраняемыми* (рис. 136, 137)

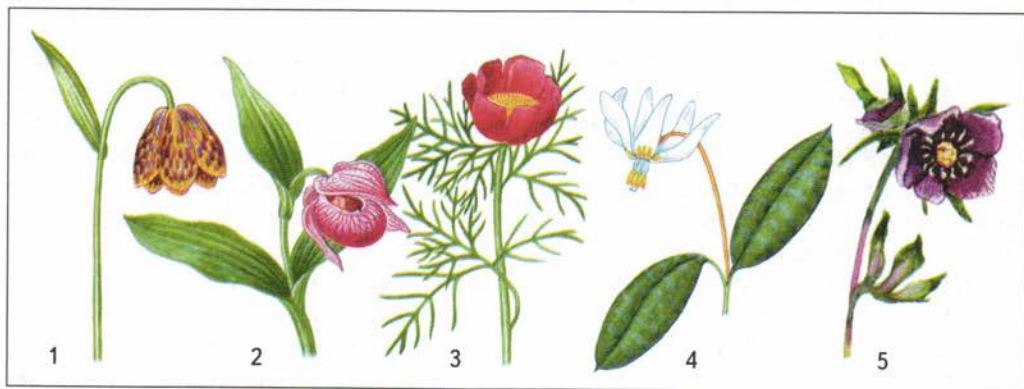


Рис. 136. Виды растений, находящиеся под угрозой вымирания: 1 — рябчик Эдуарда; 2 — Венерин башмачок крупноцветковый; 3 — пион тонколистный; 4 — кандык кавказский; 5 — морозник красноватый

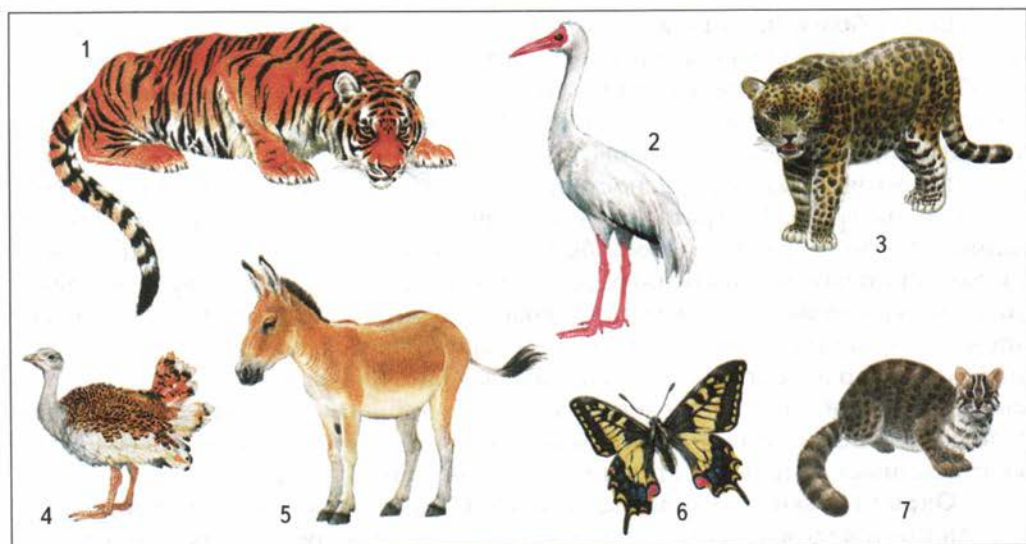


Рис. 137. Виды животных, находящиеся под угрозой вымирания: 1 — амурский тигр; 2 — стерх; 3 — восточный леопард; 4 — дрофа; 5 — кулан; 6 — махаон; 7 — амурский лесной кот

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 животных 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 учёные-экологи.

Для учёта таких видов Питером Скоттом, возглавлявшим в 60-х годах XX века Комиссию по редким видам в Международном союзе охраны природы и природных ресурсов (МСОП), предложено создать особый международный список. Так в 1966 году 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, как и у нас в России, созданы и свои национальные Красные книги.

Напомним также, что в 1992 году на Международной конференции ООН в Рио-де-Жанейро по проблеме «Планета Земля» была выдвинута программа «Сохранение биологического разнообразия» и принята Конвенция о биологическом разнообразии, подписанная представителями правительств 179 стран мира. В этих документах разработана всемирная стратегия охраны всего разнообразия видов, существующих на Земле.

Исходным принципом такой стратегии является сохранение биологического разнообразия как основы устойчивого функционирования отдельных видов, экосистем и биосферы в целом.

Всем странам, 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 заповедникам территорий;

4) восстановить и возродить деградированные экосистемы и способствовать сохранению видов, которым грозит вымирание, помогая местному 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 используется 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 природы и общества. Включение каждого человека в природоохранную деятельность потребует формирования у него экологической культуры, изменения стереотипов поведения в природе. Высшей, универсальной ценностью признается жизнь во всех её проявлениях, и эта идея должна лежать в основе всей природопользовательской деятельности человечества.

Чтобы направить деятельность людей на устойчивое развитие природы, необходимо их биологическое и экологическое образование. Понимание законов жизни послужит основой развития экологического сознания и экологической культуры как регуляторов взаимоотношений человека и природы.

1. Назовите известные вам охраняемые виды вашей местности.
2. Объясните, как повлияет исчезновение одного вида (популяции) на состояние леса.
3. Сокращение биологического разнообразия касается каждого из нас. Каким образом это связано с вашими жизненно важными и культурными потребностями?
4. Разработайте программу участия вашего класса по изучению охраняемых видов в вашем регионе.

Проверьте себя.

Что вы узнали из материала главы 12 «Сохранение биоразнообразия — насущная задача человечества»?

Тренируемся

1. В чём состоит значение биологического разнообразия?
2. Почему необходимо изучение диких видов животных?
3. Чем опасна малочисленность особей для сохранения вида?
4. Назовите основные причины гибели видов в настоящее время.
5. Приведите примеры видов растений, животных и грибов, которые подлежат охране в вашем регионе.

Выскажите свою точку зрения

1. Считается, что на Земле существует более 2 млн биологических видов. Учёные подсчитали, что в 70-х годах XX века исчезал один вид растений или животных в сутки, в 90-х годах — три вида. Что произойдёт в биосфере за 50 лет (к 2050 году), если такие темпы гибели видов сохранятся?
2. Почему не удаётся восстановить численность редких видов в природе с помощью зоопарков?
3. Почему в настоящее время во время экскурсий в природу школьникам не рекомендуют собирать гербарии и коллекции насекомых?

Обсудите проблему

1. Следует ли создавать систему охраны одноклеточных организмов?
2. Надо ли во время экскурсии в природу показывать школьникам редкие и реликтовые виды растений?

Моя позиция

По моему мнению, осознание ценности биологического разнообразия и бережное отношение к живой природе следует развивать у всех детей, независимо от их возраста, при этом уделяя особое внимание формированию у них собственного взгляда на этот вопрос.

Узнайте больше

Прочитайте несколько строк из повести А.П. Чехова «Степь» и задумайтесь о том, как богата наша природа, какие высокие чувства вызывает у человека общение с ней.

«... Сжатая рожь, бурьян, молочай, дикая конопля — всё, побуревшее от зноя, рыжее и полумёртвое, теперь омытое росой и облаканное

солнцем, оживало, чтобы вновь зацвести. Над дорогой с весёлым криком носились ласточки, в траве перекликались суслики, где-то далеко влево плакали чибисы. Стадо куропаток, испуганное бречкой, вспыхнуло и со своим мягким «трррр» полетело к холмам. Кузнечики, сверчки, скрипачи и медведки затаили в траве свою скрипучую монотонную музыку...»

Определите, сколько видов живых организмов названо в приведённом отрывке, а ведь А.П. Чехов не был биологом!

Темы самостоятельных исследований

1. Каково состояние проблемы сохранения биологического разнообразия в России?
2. Законодательство Российской Федерации, направленное на защиту и сохранение многообразия видов.
3. Биологическое разнообразие рядом с моим домом (школой).

Темы рефератов

1. Охраняемые виды в нашем регионе.
2. Биология и экология редких растений нашего региона.
3. Биология, экология и география редких животных нашего региона.

Основные понятия темы

Биологическое разнообразие (биоразнообразие), редкие виды, охраняемые виды, исчезающие виды, Красная книга.

Адаптация (от лат. *adaptatio* — «прилаживание», «приспособление») — процесс и результат приспособления организма к условиям обитания.

Агробиоценоз (агроэкосистема) — (от греч. *agros* — «поле», *bios* — «жизнь» и *koinos* — «общий») — искусственный биогеоценоз (экосистема), основные функции которого поддерживаются системой агрономических мероприятий (вспашкой, внесением удобрений, снятием урожая, обработкой ядохимикатами и т. д.).

Анаэробы (от греч. *an* — частица отрицания + *aer* — «воздух» и *bios* — «жизнь») — организмы, способные жить и развиваться при отсутствии в среде свободного кислорода.

Антропогенез (от греч. *anthropos* — «человек» и *genesis* — «происхождение») — наука о происхождении человека; становлении его как вида в процессе эволюции.

Антропоцентризм (от 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 (от греч. *airō* — «поднимаю» и *morphosis* — «образец», «форма») — одно из основных направлений эволюции, характеризующее изменение, в результате которого живое поднимается на новую, более прогрессивную ступень развития.

Ассимиляция (от лат. *assimilatio* — «уподобление», «слияние», «усвоение») — эндотермический процесс усвоения и превращения соединений, поступающих в клетки организма, совокупность процессов синтеза в живом организме. Это созидательная часть метаболизма.

Аэробы — организмы, способные к активной жизнедеятельности и завершению полного жизненного цикла в присутствии кислорода.

Биологические ритмы (от греч. *rhythmos* — «равномерность», «повторяемость») — периодически повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений.

Биом (от греч. *bios* — «жизнь» и лат. *oma* — «окончание», означающее совокупность) — совокупность биогеоценозов в определённой ланд-

шафтно-географической зоне, например в тундре, хвойных лесах, степной зоне.

Биосистема — система как целостность, содержащая живые компоненты, тесно взаимодействующие друг с другом.

Биопоз (от греч. *bios* — «жизнь» и *poiesis* — «творчество») — возникновение жизни в ходе физической и химической эволюции материи во Вселенной.

Биотоп (от греч. *bios* — «жизнь» и *topos* — «место») — однородный по условиям жизни для формирования определённого биоценоза участок территории, является составной частью биогеоценоза. Синонимы — **экотоп** и **местообитание**.

Биоценоз — совокупность популяций растений, животных, бактерий и грибов, совместно обитающих в одних и тех же условиях среды (биотоп). Является составной частью биогеоценоза.

Биоцентризм — научный подход в природоохранном деле, ставящий выше всего интересы живой природы (какими они представляются человеку). Сравните — **антропоцентризм**.

Вид — основная структурная единица в системе живых организмов, арена и качественный результат эволюции.

Вирус (от лат. *virus* — «яд») — неклеточная форма жизни.

Волны жизни (популяционные волны) — один из элементарных факторов эволюции (микроэволюции). Это циклические подъёмы и спады численности популяции.

Ген (от греч. *genos* — «род», «происхождение») — участок ДНК, контролирующий определённый наследственный признак организма, обычно соответствующий молекуле белка («один ген — один белок»).

Генотип (от греч. *genos* — «род» и *typos* — «отпечаток») — совокупность всех наследственных задатков (генов) данной клетки или организма.

Генофонд (от греч. *genos* — «род» и *fond* — «основание») — совокупность всех генов, которые содержатся у всех особей данной популяции вида.

Гетерозигота (от греч. *heteros* — «другой» и *zygote* — «соединённая в пару») — организм (клетка), у которого гомологичные хромосомы несут различные аллели (формы) того или иного гена.

Гетеротрофы (от греч. *heteros* — «другой» и *trophe* — «пища») — бактерии, грибы, животные и некоторые растения (паразитические, насекомоядные), питающиеся готовыми органическими веществами.

Дегенерация (от лат. *degenerare* — «вырождаться») — одно из основных направлений эволюции, характеризующееся упрощением биологической организации организма, популяции или экосистемы.

Дивергенция (от лат. *divergere* — «отклоняться») — расхождение признаков организмов в ходе эволюции разных филетических линий, возникших от общего предка.

Естественный отбор — основной движущий фактор эволюции, результат борьбы за существование, выражающийся в преимущественном выживании наиболее приспособленных особей вида и гибели наименее приспособленных.

Жизненная форма — внешний облик (габитус) растений и животных, отражающий приспособленность организмов к абиотическим и биотическим условиям среды. Один и тот же вид растения в разных условиях среды может иметь разные жизненные формы. Синоним — **биоморфа**.

Идиоадаптация (от греч. *idios* — «особый», «своеобразный» и лат. *adaptare* — «приспособлять») — одно из основных направлений эволюции, характеризующее частное приспособление организмов к определенному образу жизни в конкретных условиях внешней среды.

Комменсализм (от лат. *cum* — «вместе» и *mensa* — «стол», «яства») — сотрапезничество — тип взаимосвязи между двумя видами, при котором один получает какое-либо преимущество, не принося заметного вреда другому.

Консументы (от лат. *consumo* — «потребляю») — организмы, потребляющие готовые органические вещества, но не доводящие их разложение до простых минеральных составляющих. Совокупность консументов образует трофические цепи (цепи питания).

Косное вещество — совокупность условий неживой природы (термин введен В.И. Вернадским).

Круговорот веществ в природе — относительно повторяющиеся взаимосвязанные физические, химические и биологические процессы превращения 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, изоляции) микроэволюция может привести к возникновению новых видов.

Мониторинг (от англ. *monitor* — «предостерегающий») — длительное наблюдение и оценка или прогноз состояния различных параметров окружающей среды.

Мутаген (от греч. *mutatio* — «изменение» и *genos* — «род») — фактор, вызывающий мутацию.

Мутация (от греч. *mutatio* — «изменение») — внезапно возникающее естественное или искусственное стойкое изменение наследственных структур, ответственных за хранение генетической информации и её передачу от клетки к клетке и от предка к потомству.

Мутуализм (от лат. *mutuus* — «взаимный») — одна из форм симбиоза, при которой каждый из сожительствающих организмов (симбионтов) приносит какую-либо пользу другому.

Ноосфера (от греч. *noos* — «разум» и *sphaire* — «шар») — новая стадия биосферы, связанная с возникновением и развитием в ней человечества. Современное понятие введено В.И. Вернадским в 1931 году для обозначения этапа эволюции биосферы, характеризующегося ведущей ролью сознательной деятельности человеческого общества в её развитии.

Норма реакции — предсказуемое изменение состояния системы при определённом уровне внешнего воздействия.

Орган (от греч. *organon* — «орудие», «инструмент») — часть живого организма, выполняющая в нём определённую функцию.

Органоид (от греч. *organon* — «орудие», «инструмент» и *eidos* — «вид») — клеточная структура, обеспечивающая выполнение специфических функций. То же — **органелла**.

Организм — целостная, замкнутая по структуре, иерархически организованная, неравновесная, самоорганизующаяся, открытая по обмену веществом и энергией живая система (биосистема), элемент всех экологических систем.

Пирамида экологическая — графическое отображение трофической структуры. Основанием экологической пирамиды служит уровень продуцентов (первый трофический уровень).

Пищевая сеть — совокупность пищевых цепей в экосистеме (биогеоценозе), трофический компонент экосистемы.

Пищевая, или трофическая цепь (от греч. *trophe* — «питание») — взаимоотношения между организмами, через которые в экосистеме происходит трансформация вещества и энергии.

Плотность популяции — число особей популяции в некоторой единице пространства (объёма или площади)

Популяция (от лат. *populus* — «народ», «население») — совокупность особей одного вида, обладающих общим генофондом, занимающих определённую территорию и способных достаточно длительное время (в течение нескольких десятков поколений) через размножение устойчиво поддерживать своё существование.

Продуценты — автотрофные организмы, продуцирующие органическое вещество из простых неорганических веществ. Различают фотофитов и хемотрофов.

Прокариоты (от греч. *pro* — «перед» и *karion* — «ядро») — доядерные организмы.

Редуценты — гетеротрофные организмы, главным образом бактерии и грибы, превращающие органические вещества в неорганические соединения.

Саморегуляция — свойство биологической системы в процессе функционирования сохранять на определённом уровне своё типичное состояние, режимы, характеристики связей между компонентами.

Сапрофаги (от греч. *sapros* — «гнилой» и *phagos* — «пожиратель») — организмы, питающиеся органическими веществами отмерших организмов или их выделениями (падалью, помётом, гниющими остатками растений, грибов и др.).

Симбиоз (от греч. *symbiosis* — «сожительство») — длительное сожительство организмов разных видов (симбионтов), обычно приносящее обоюдную пользу. Примеры: лишайник — симбиоз гриба и водоросли (или цианобактерии) и микориза (грибокорень).

Смена биогеоценоза — замена одного биогеоценоза другим качественно отличным, на той же самой территории земной поверхности.

Среды жизни — качественно различные среды обитания на Земле. Различают четыре среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную.

Сукцессия (от лат. *successio* — «преемственность», «наследование») — последовательная замена одних биогеоценозов (экосистем) другими, качественно отличными биогеоценозами (экосистемами), под влиянием их внутреннего развития и взаимодействия с окружающей средой.

Трофический уровень — совокупность организмов, объединяемых типом питания.

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 человеческого общества без нанесения ущерба основным параметрам биосферы и одновременно не сокращает возможности удовлетворения потребностей будущих поколений.

Устойчивость экосистемы — способность экосистемы сохранять функционирование в пределах естественного колебания её параметров (в рамках инварианта).

Фитофаги (от греч. *phyton* — «растение» и *phagos* — «пожиратель») — гетеротрофы, питающиеся растениями. Это консументы первого порядка в цепях питания. Синоним — **растительноядные**.

Фотосинтез (от греч. *photos* — «свет» и *synthesis* — «соединение») — процесс образования органических веществ из неорганических на свету с помощью хлорофилла.

Хемосинтез (от греч. *chēmeia* — «химия» и *synthesis* — «соединение») — питание организмов за счёт энергии химических связей.

Хищничество — взаимосвязь между двумя видами, при которой один компонент поедает другого (жертву).

Цепь питания, или цепь трофическая — 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 (от лат. *evolutio* — «развертывание») — необратимый процесс исторического изменения живого.

Экологическая группа — группа организмов, обладающих приспособительными свойствами по отношению к какому-то определённом фактору среды: свету, влаге, температуре и пр.

Экосистема — совокупность совместно обитающих организмов и 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**.

Эндемик (от греч. *endemos* — «местный») — местный вид, обитающий только в данном регионе и не живущий естественным путём в других районах.

Эндобионты (от греч. *endon* — «внутри» и *bion* — «живущий») — организмы, обитающие внутри живого организма другого вида. Среди эндобионтов различают симбионтов, комменсалов и паразитов.

Эукариоты (от греч. *eu* — «хорошо», «полностью» и *carion* — «ядро») — клетки (и организмы), у которых чётко оформленное ядро отделено ядерной оболочкой от цитоплазмы.

Эфемеры — однолетние травянистые растения, завершающие полный цикл развития за очень короткий и обычно влажный период.

Эфемероид — многолетнее растение, характеризующееся кратким периодом развития, с непродолжительным периодом цветения и ежегодной вегетации.

Яйцеклетка — женская половая клетка.

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).

Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1 (к § 7 учебника)

Наблюдение за живой клеткой

Цель работы: наблюдение за процессами жизнедеятельности клетки.

Оборудование: аквариум с побегами элодеи и инфузориями, микроскоп, предметные и покровные стекла, пипетка, светильник с яркой лампой, склянка со снегом, секундомер, небольшой кусочек марли или комок ваты.

Задание 1. Приготовление микропрепарата листа элодеи и рассматривание строения растительных клеток

Ход работы

1. На предметное стекло пипеткой нанесите каплю воды. Туда же положите лист элодеи, взятый с верхушечной части побега, накройте его покровным стеклом так, чтобы в препарате не было пузырьков воздуха.

2. Изучите под микроскопом клеточное строение листа элодеи вначале при малом увеличении (10×10), затем при большом увеличении (15×20). Найдите части клетки листа: ядро, цитоплазму с хлоропластами, вакуоль и клеточную стенку.

3. Зарисуйте клетку и подпишите названия её частей.

Задание 2. Наблюдение за движением цитоплазмы в живой клетке листа элодеи

Ход работы

1. При большом увеличении на примере одной клетки элодеи понаблюдайте за движением цитоплазмы, которое заметно вследствие перемещения в ней хлоропластов.

2. Определите направление движения цитоплазмы и скорость перемещения хлоропластов.

3. Затем, не вынимая микропрепарат из-под микроскопа, осветите его ярким светом светильника в течение 60–90 секунд. После этого отметьте изменение скорости движения цитоплазмы у наблюдаемой клетки.

4. Наблюдение за изменением скорости движения цитоплазмы в клетках можно продолжить при охлаждении листа элодеи, после погружения микропрепарата в снег на 60–90 секунд.

5. Сделайте общий вывод о движении цитоплазмы в клетках листа элодеи и о его изменениях в зависимости от воздействия внешних условий.

Задание 3. Наблюдение за движением инфузорий в водной среде

Ход работы

1. На предметное стекло поместите каплю воды из аквариума с культурой инфузорий. По краям капли положите 1–2 тонких волокна (нити) от марли или ваты, чтобы создать некоторую толщу слоя воды в микропрепарате. Каплю с ниточками накройте покровным стеклом. Приготовленный микропрепарат рассмотрите под микроскопом.

2. При малом увеличении (10×10) найдите в поле зрения микроскопа движущихся инфузорий. Отметьте их количество и разнообразие. Охарактеризуйте скорость и направление движения инфузорий.

3. При большом увеличении (15×20) рассмотрите передний и задний концы тела инфузории, реснички, ядра и пульсирующую вакуоль. Для изучения частей клетки инфузории надо замедлить её движение (остановить инфузорию). Это достигается путём отсасывания воды из микропрепарата с помощью ваты. Зарисуйте схему внешнего и внутреннего строения клетки инфузории.

4. Сделайте общий вывод о процессах жизнедеятельности живой клетки. Охарактеризуйте различие между клеткой многоклеточного организма (элодеи) и клеткой одноклеточного организма (инфузории).

Лабораторная работа № 2 (к § 10 учебника)

Методика работы с определителями растений и животных

Цель работы: развитие умения пользоваться определителями для установления систематического положения растений.

Оборудование: побеги дуба черешчатого, берёзы повислой (бородавчатой), сирени садовой, коллекции раковин жемчужницы, беззубки или других моллюсков, лупа, препаровальная игла, определители растений и животных.

Задание 1. Знакомство с определителями

Ход работы

1. Изучите построение определительных таблиц растений и животных. Ознакомьтесь с признаками, отображёнными в тезах и антитезах определяемых растений (животных), используемыми в определителях.

2. Отметьте, какие признаки организмов используются при определении видов растений (животных).

3. Попробуйте самостоятельно применить тезы и антитезы признаков организмов при работе с определительными таблицами.

4. Изучите правильное написание названий видов организмов и фамилий учёных, впервые введших их в употребление.

Задание 2. Определение рода и вида древесного растения

Ход работы

1. Сделайте морфологическое описание признаков определяемого древесного растения (например, дуба или берёзы).

2. С учётом установленных вами признаков проведите определение рода исследуемого растения (отдел Покрывосеменные, класс Двудольные). Определите род растения. Двигаясь дальше по определителю, установите вид растения.

3. Пользуясь признаками, установленными вами и найденными в определителе, сделайте в тетради морфологическое описание изучаемого вида растения.

4. Запишите русское и латинское названия растения с указанием автора первого описания данного вида.

Задание 3. Определение семейства животных на примере раковин пресноводных моллюсков (класс Брюхоногие и класс Двустворчатые)

Ход работы

1. Осмотрите раковины моллюсков и распределите их по классам (Брюхоногие и Двустворчатые).

2. Сделайте морфологическое описание признаков раковин определяемых моллюсков (например, катушки, прудовика, перловицы и беззубки).

3. С учётом установленных вами признаков проведите определение семейства одного исследуемого представителя (например, из класса Брюхоногие). Определив семейство одного моллюска, продолжите определение семейств других представителей по их раковинам.

4. Пользуясь признаками, установленными вами и найденными в определителе, сделайте в тетради морфологическое описание изучаемых представителей семейств моллюсков.

5. Сделайте общий вывод о возможности определения таксономических групп организмов с применением определительных таблиц и о роли морфологического описания признаков исследуемых организмов.

Лабораторная работа № 3 (к § 27 учебника)

Условия жизни в биосфере

Цель работы: ознакомиться с наиболее доступными методами оценки состояния (загрязнения) окружающей среды.

Оборудование: коллекция осенних опавших листьев (клёна, дуба, липы, вяза, тополя), микроскоп, предметные и покровные стекла, вода, пипетка, секундомер (или часы), два часовых стекла, линейка, лист белой бумаги, прозрачная клеящая лента (скотч).

Задание 1. Определение пылевого загрязнения атмосферного воздуха

Вариант А. Определение уровня запылённости воздуха с помощью капель воды

Ход работы

1. На несколько предметных стекол нанесите пипеткой по две капли воды.
2. Установите предметные стёкла с водой в заранее выбранных вами местах вблизи школы: под деревом или кустарником, на открытом месте, у входа в школу.
3. Через 10 минут накройте покровными стёклами капли воды с осевшими на них частицами пыли и рассмотрите микропрепараты под микроскопом или лупой.
4. Сосчитайте количество пылинок в поле зрения микроскопа (лупы) и опишите их внешний вид: размеры, окраску, примерный качественный состав.
5. Сравните между собой все взятые пробы и сделайте общий вывод об уровне запылённости атмосферного воздуха на пришкольной территории в баллах.

Примечание: отсутствие пыли в капле — нулевой уровень запылённости, 1–3 пылинки — первый уровень (слабая запылённость), 4–5 пылинок — второй уровень (средняя запылённость), 6–10 пылинок — третий уровень (сильная запылённость), более 10 пылинок — четвёртый уровень (очень большая запылённость).

Вариант Б. Определение уровня запылённости воздуха с помощью клеящей ленты (скотча)

1. На территории около школы (или своего дома) произведите сбор 3–5 проб на высоте 100–150 см от уровня почвы с поверхности различных объектов: стволов деревьев, листьев кустарников, стен школы (дома), стёкол окон, дверей, забора, крупных камней, столбов.

Для взятия пробы приложите к выступающей поверхности разных объектов небольшой кусок прозрачной клеящей плёнки (скотча). Затем снимите с объекта плёнку с отпечатавшейся на ней пылью и клейкой стороной прикрепите к листу белой бумаги.

2. На площади 1 см² каждой полученной пробы сосчитайте количество пылинок. Найдите среднюю величину и установите уровень запылённости атмосферного воздуха.

Примечание: в пробах не должны учитываться в качестве пылинок частицы коры дерева или крупинки штукатурки и краски от объектов, с которых брались пробы.

Задание 2. Определение химического загрязнения воздуха с помощью биоиндикаторов

1. На 10–15 опавших осенних листьях клёна (липы, вяза или дуба) найдите следы воздействия химических факторов внешней среды. Это могут быть округлые дыры или тёмные пятна (следы кислотных дождей), подсохший край листовой пластинки или морщинистость листа (следы отравления выхлопными газами). Сосчитайте, на скольких из взятых вами для анализа листьях имеются следы воздействия химических факторов, загрязняющих атмосферный воздух. Зарисуйте типичные примеры поражения листьев.

Сделайте вывод о химическом загрязнении атмосферы.

2. Опустите 1–2 листа тополя (липы, дуба) в тёплую воду на одну минуту. Затем положите лист на бумагу и с помощью ватной палочки установите наличие грязного налёта на той и другой поверхностях листа.

Примечание: принято выделять следующие степени повреждения растений, коррелирующие со степенью химического загрязнения атмосферы (например, диоксидом серы): 0 — без признаков повреждения, 1 — слабо повреждённые, 2 — имеющие повреждение средней величины, 3 — сильно повреждённые (30 % поверхности повреждено), 4 — засохшие.

Сделайте общий вывод о состоянии загрязнения атмосферного воздуха в районе вашей школы.

Задание 3. Исследование водозапасающей способности мхов в биосфере

Ход работы

1. В два часовых стекла налейте по 20 капель воды. Затем в одно часовое стекло положите 5–6 побегов зелёного мха политрихума (кукушкина льна), а в другое — 5–6 побегов белого мха сфагнума.

2. С помощью секундомера установите, какой из видов мха быстрее поглотит всю воду.

3. Добавьте в обе склянки ещё по 10 капель воды. Установите, какой из видов мха вобрал в себя всю, в том числе и добавленную, воду.

Сделайте вывод о способности мхов поглощать воду.

4. Приготовьте микропрепарат небольшой части влажного побега сфагнума (из средней части побега). Рассмотрите микропрепарат под микроскопом. Найдите на листьях, в их пазухах и стебле побега мешковидные клетки, заполненные водой. Зарисуйте их. Поясните, почему сфагнум называют и «белым мхом», и «мхом, образующим болота».

Сделайте вывод о роли мхов (политрихума и сфагнума) в заболачивании почвы в биосфере.

Лабораторная работа № 4 (к § 39 учебника)

Приспособленность организмов к совместной жизни в биогеоценозе

Цель работы: доказать, что совместное обитание растений и животных в сообществе — результат их свойств приспособленности.

Оборудование: гербарий растений с цветками или плодами (берёзы, осины, черёмухи, калины, кислицы, копытня), кора сосны с ходами короедов, коллекция жуков (короедов, древесинников, листоедов), плодовое тело гриба-трутовика, рисунки учебника (№ 63, 65, 67 и 68).

Задание 1. Жизненные формы растений в лесном биогеоценозе

Ход работы

1. Рассмотрите на рисунке 63 особенности жизненных форм древесных растений. Найдите деревья первой величины, деревья второй величины и кустарники. Уточните, в какие ярусы входят эти растения.

2. Рассмотрите гербарные образцы древесных и кустарниковых растений и определите принадлежность растений к ярусам леса.

3. Установите приспособительные свойства данных растений, обеспечивающие им способность к существованию в первом, втором или третьем ярусах. Наблюдения и выводы запишите в таблице по образцу.

Ярусы	Жизненные формы	Приспособительные признаки растений					
		Высота ствола	Отношение к свету	Отношение к ветру	Отношение к влаге	Способы опыления	Распространение семян
1							
2							
3							

4. Сделайте вывод о роли древесных и кустарниковых жизненных форм растений в лесном биогеоценозе.

Задание 2. Сравнение особенностей растительных организмов разных ярусов

Ход работы

1. Рассмотрите гербарий лесных растений: кислицу, копытень, берёзу, рябину (или черёмуху) и калину. Определите ярусы, в которые входят данные растения.

2. Охарактеризуйте процессы цветения и опыления исследуемых растений. Рассмотрите особенности их цветков и плодов.

3. Определите способы распространения их семян и плодов.

Наблюдения и выводы запишите в таблице по образцу:

Растение	Ярус	Тип опыления цветков	Тип распространения семян	Отношение к свету	Отношение к влаге	Отношение к ветру	Отношение к животным

4. Проведите сравнительный анализ свойств растений разных ярусов и сделайте общий вывод об организмах, обитающих совместно в биогеоценозе.

Задание 3. Многообразие экологических ниш в лесном биогеоценозе

Ход работы

1. Рассмотрите рисунок 67 учебника и отметьте функциональную роль животных в жизни растений биогеоценоза.

2. Рассмотрите имеющиеся коллекции жуков и по их особенностям определите, в какие экологические ниши входят данные представители.

3. Рассмотрите рисунок 68. Охарактеризуйте биогеоценотические свойства некоторых представителей разных экологических ниш, представленных на данном рисунке. Свои выводы впишите в таблицу по образцу.

Животное	Экологическая ниша	Место обитания	Тип и объект питания	Значение в биогеоценозе
Личинка хруща майского				
Жук усач				
Личинка бабочки пяденицы				
Тля				
Жук бронзовка				
Белка				

4. Проведите анализ той роли, какую эти животные играют в биогеоценозе. Сделайте вывод о значении экологических ниш в жизнедеятельности биогеоценоза и о том, какие виды входят в то или иное природное сообщество.

Сделайте общее заключение о приспособленности организмов к совместной жизни в биогеоценозе.

Лабораторная работа № 5 (к § 40 учебника)

Свойства экосистем

Цель работы: исследование основных процессов, совершающихся в экосистемах (биогеоценозах) и влияющих на их устойчивость.

Оборудование: водные растения (элодея, валлиснерия или др.), 4–6 мелких рыбок (например, гуппи), 2–3 пресноводных (аквариумных) моллюска и сухой корм (50 г), рисунки 56, 58, 59 учебника, две литровые банки, отстоявшаяся вода, промытый песок.

Задание 1. Обсуждение схем переноса веществ и энергии в экосистемах

Ход работы

1. Рассмотрите рисунок 59 учебника. Из объектов, показанных на рисунке, постройте схему биологического круговорота веществ и потока энергии лесной экосистемы. Зарисуйте схему.

2. Охарактеризуйте химические вещества, имеющиеся в каждом звене данной экосистемы. Отметьте характер движения веществ от звена к звену и их разнообразие. Укажите основные вещества, представленные на входе и выходе биологического круговорота данной экосистемы.

3. Отобразите на схеме движение энергии в экосистеме. Охарактеризуйте количество энергии на входе и выходе экосистемы.

4. Сделайте вывод о степени устойчивости данной экосистемы. Добавьте недостающие, по вашему мнению, объекты, способные обеспечить большую устойчивость данной экосистемы, или, наоборот, уберите объекты, снижающие её устойчивость.

Сделайте вывод о роли биологического круговорота веществ и потока энергии в существовании экосистемы.

Задание 2. Исследование изменений в экосистемах на биологических моделях (аквариум)

Проведение наблюдений осуществляется в три этапа (в течение 15–20 дней).

Ход работы

1. Первый этап. В каждой банке создайте аквариумы с одинаковыми видами (2–3 рыбки, водные растения). Но моллюсков поместите лишь в один из них. Дайте рыбкам корм и поставьте аквариумы в светлое место (у окна или светильника). В последующие 6–7 дней регулярно давайте корм рыбкам в соответствии с нормами кормления. Проведите первое описание условий обитания и состояния обитателей аквариума.

2. Второй этап. На 8–10-й день проведите второе описание условий обитания и состояния обитателей обоих аквариумов. Сравните свои наблюдения с первым описанием аквариумов. Особо обратите внимание на прозрачность воды и внутренние стенки аквариума. Все последующие 8–10 дней продолжайте регулярно кормить рыбок.

3. Третий этап. На 20–21-й день проведите третье описание условий обитания и состояния обитателей обоих аквариумов. Сравните между собой свои наблюдения и первое описание состояния обитателей аквариума. Особо обратите внимание на прозрачность воды, внутренние стенки аквариума, состояние растений и поведение рыбок.

4. Объясните причины изменения условий обитания в данных аквариумах. Укажите роль моллюсков в одном из аквариумов. Спрогнозируйте состояние данных аквариумов через 20–40 дней. Как, по вашему мнению, будут развиваться события в данных водных экосистемах? Поясните, какой из аквариумов окажется более устойчивым и какие факторы экосистемы будут этому способствовать. Укажите причины изменений.

5. Изобразите исследуемые аквариумы в виде сравнительных схем открытых водных экосистем.

Сделайте общий вывод о свойствах экосистемы, обеспечивающих её устойчивость.

Лабораторная работа № 6 (к § 46 учебника)

Оценка экологического состояния территории, прилегающей к школе

Цель работы: знакомство с наиболее доступными методами оценки состояния природной территории.

Оборудование: планшет, рулетка, компас, линейка, ручная лупа, определители растений и животных, полиэтиленовые пакеты.

Задание 1. Оценка растительного покрова пришкольной территории

Ход работы

1. Составьте план-карту пришкольной территории. С помощью рулетки измерьте пришкольную территорию, отмечая её размеры и расстояния от здания школы. По компасу определите стороны света.

2. Охарактеризуйте состояние искусственного биогеоценоза на пришкольной территории – сосчитайте количество произрастающих на ней деревьев и кустарников. Установите, с какой стороны света по отношению к школе размещаются деревья и кустарники. Измерьте расстояние от деревьев и кустарников до здания школы. Полученные сведения нанесите на план-карту.

3. Оцените состояние деревьев и кустарников (развитие кроны, наличие поломок ветвей и стволиков, санитарная обрезка побегов, побелка стволов, заражённость вредителями и пр.). Отметьте деревья и кустарники, посаженные около школы человеком, и те, которые выросли естественным путём.

4. Охарактеризуйте общее состояние травостоя на пришкольной территории: густоту травостоя, разнообразие видов, наличие участков, не заросших травами.

5. Сделайте вывод о соответствии размеров, структуры и состояния зелёной зоны вашей пришкольной территории существующим нормам.

Задание 2. Определение видового разнообразия растительности на пришкольной территории

Ход работы

1. Определите роды (и, по возможности, виды) деревьев и кустарников, произрастающих около школы. Дайте их характеристику (объём кроны, количество стволиков у кустарников, состояние почек возобновления, состояние листьев, наличие цветков и плодов).

2. Исследуйте поверхность стволов у деревьев с целью обнаружения признаков их повреждения (присутствия водорослей, мхов, лишайников и грибов на стволах, погрызов листьев насекомыми).

3. Обследуйте состояние травяного покрова на пришкольной территории. Отметьте густоту травяного покрова и участки с деградированной растительностью. Выявите наличие сорных видов, луговых (газонных) трав и декоративных растений. Нанесите на план-карту ваши наблюдения.

4. На учётной площадке в 25 м² сосчитайте количество особей одуванчика (подорожника, спорыша, гравилата), характеризующее степень засорённости травостоя и его антропогенной нагрузки. Установите среднюю величину расстояния между крупными особями одуванчика. Сопоставьте количество крупных особей одуванчика с количеством мелких, молодых, экземпляров. На этой основе спрогнозируйте перспективу растительного покрова данной площадки.

Примечание: растительный покров, представленный одуванчиком (подорожником, спорышем, гравилатом, чередой), в котором расстояние между особями составляет 10–15 см, характеризуется как деградированный в связи с большой антропогенной нагрузкой.

Сделайте вывод о состоянии травяного покрова пришкольной территории.

Задание 3. Изучение загрязнённости пришкольной территории пылью и мусором

Ход работы

1. Пользуясь клейкой прозрачной плёнкой (скотчем), определите уровень запылённости листьев кустарников и стволов деревьев на высоте 100–150 см от поверхности почвы. Соберите 5–7 проб и выведите среднюю величину уровня запылённости данной территории. Сделайте соответствующий вывод о запылённости атмосферного воздуха на пришкольной территории.

2. Тщательно осмотрите стволы деревьев, стволы кустарников, а также поверхность крупных камней, стен школы, ограды на высоте 30–150 см от земли с целью обнаружения на них слоевищ лишайников. Пометьте на плане-карте места нахождения лишайников.

Примечание: лишеноиндикация используется для определения степени загрязнения атмосферного воздуха химически активными окислами. Присутствие даже небольших слоевищ лишайников может служить показателем относительной чистоты атмосферного воздуха, отсутствия в нём загрязнений (повышенная кислотность среды негативно влияет на лишайники).

3. На трёх учётных площадках (размером по 25 м²) в разных местах пришкольной территории соберите в полиэтиленовые мешки имеющийся там мусор (бумагу, обёртки, фольгу, полиэтилен, окурки, битое стекло и пр.). Составьте перечень собранных предметов и укажите, какой вид мусора особенно часто встречается около школы.

4. Определите наиболее засорённую часть территории и нанесите её на план-карту. Сделайте предположения об источниках появления этого мусора у школы. Сделайте вывод о степени засорённости пришкольной территории.

Сделайте общий вывод об экологическом состоянии зелёной зоны на пришкольной территории. Сформулируйте ваши предложения по благоустройству территории при вашей школе. Охарактеризуйте зависимость искусственных биогеоценозов от деятельности человека.

Лабораторная работа № 7 (к § 50 учебника)

Характеристики вида

Цель работы: показать разнообразие критериев вида и роль морфологического критерия в определении видов.

Оборудование: комнатные растения (пеларгония — зональная и душистая; традесканция — зелёная и виргинская или бегония — вечноцветущая и металлика), гербарий (подорожники — большой и ланцетолистный), кол-

лекции (хрущ майский и нехрущ июньский), ручная лупа, препаровальная игла, пинцет, линейка, два небольших стакана (пробирки), вода, определители растений и насекомых, справочник комнатных растений.

Задание 1. Выявление критериев вида на живых комнатных растениях (пеларгонии зональной и пеларгонии душистой)

Ход работы

1. Проведите описание растений на основе сравнительного анализа двух видов пеларгонии (герани) — зональной и душистой. Отметьте различие между их листьями. Зарисуйте листья того и другого растения. Сравните между собой их цветки. Отметьте, у какого вида цветки одиночные, у какого — собраны в соцветие. Укажите, какой критерий вида вы использовали при описании различий между растениями двух видов одного рода — пеларгония.

Примечание: если растения не цветут, то знакомство с цветками проведите по справочнику комнатных растений.

2. Опишите различие запаха, исходящего от растений того и другого вида. Для усиления пахучести слегка потрите между пальцами лист того и другого растения. Укажите, какой критерий вида вы теперь использовали в описании различий между растениями одного рода — пеларгония.

3. Пинцетом отделите по одному хорошо сформированному листу от каждого растения и поставьте их в отдельные стаканы (пробирки) с водой так, чтобы черешок листа был погружен в воду на глубину 1,5–2 см. Спустя 7–10 дней у листа одного из видов (пеларгонии душистой) появятся придаточные корни. Укажите, какой критерий вида проявляется в этом случае.

4. Сделайте общий вывод о тех критериях, которые вы наблюдали, сравнивая между собой два вида растений одного и того же рода.

Задание 2. Сравнительная характеристика разных видов одного рода по морфологическому критерию на примере растений

Вариант А. Описание двух видов подорожника по морфологическому критерию с помощью гербария

Ход работы

1. Рассмотрите гербарий подорожника большого и подорожника ланцетолистного. Проведите тщательное морфологическое описание этих видов растений.

2. Описание обоих видов растений проведите по схеме:

- а) особенности корневой системы (тип, размеры и примерное число корней);
- б) особенности стебля (длина, толщина, ветвление, наличие и расположение листьев, наличие цветков и плодов);

- в) особенности листьев (длина, ширина, тип жилкования, размеры черешка, опушенность);
- г) особенности цветка (размеры и количество, чашечка, венчик, количество тычинок и их форма, пестик и его форма);
- д) особенности плода (тип плода, размеры, приспособления к распространению).

3. Укажите основные морфологические различия между исследуемыми близкородственными видами.

Сделайте вывод о роли морфологического описания для определения вида.

Вариант Б. Описание двух видов комнатных растений (традесканции, бегонии или др.) по морфологическому критерию

Ход работы

1. Внимательно рассмотрите традесканцию зелёную и традесканцию виргинскую (бегонию, пеларгонию или др.).

2. Сравнительное описание морфологических различий данных видов проведите по схеме.

Вид	Особенности стебля	Особенности листьев	Особенности цветков	Особенности плодов	Место обитания

Сделайте вывод о значении морфологического описания для определения вида.

Задание 2. Сравнительная характеристика разных видов по морфологическому критерию у животных на примере жуков

Ход работы

1. Рассмотрите коллекцию жуков из семейства пластинчатоусых. Проведите тщательное морфологическое описание двух видов жуков – хруща майского и нехруща июньского. Рассмотрите внимательно этих жуков под лупой.

2. Найдите основные части тела данных насекомых, обратите внимание на окраску и пятна иного цвета, размеры частей тела, выпуклость или уплощённость тела, наличие шипиков, опушения, бугров и ребристости.

3. Морфологическое описание обоих видов жуков проведите по схеме.

Жук	Размеры тела {длина и ширина}	Особенности окраски тела	Особенности передне-груди	Особенности над-крыльев	Особенности брюшка	Особенности головы и усиков	Название вида жука
1							
2							

Сделайте общий вывод о значении морфологического описания организмов при определении вида.

Лабораторная работа № 8 (к § 58 учебника)

Значение искусственного отбора

Цель работы: показать творческую роль человека в создании биологического разнообразия сортов растений в пределах одного вида или рода.

Оборудование: рисунки (открытки) разных сортов роз (или тюльпанов, гладиолусов, георгинов), рисунок 107 учебника, плоды яблони (два сорта), коллекция растений узамбарской фиалки (сенполии), ручная лупа, скальпель, препаровальная игла, линейка.

Задание 1. Изучение результатов искусственного отбора

Ход работы

1. Рассмотрите на рисунках (открытках) разнообразные сорта растений (роз, георгинов, гладиолусов).

2. Укажите различия между сортами одного из родов культурных растений: размеры, окраска, форма цветка (соцветия).

3. Опишите ваше впечатление от знакомства с другими сортами этих же растений. Вспомните, какими критериями характеризуются представители данных родов декоративных растений, которые не отображены на рисунках.

4. Такую же работу проведите на примере пород собак, используя рисунок 124.

Сделайте общий вывод о роли человека в обогащении биологического разнообразия.

Задание 2. Выявление особенностей сорта растений на примере яблони и сеньполи (узамбарской фиалки)

Ход работы

1. Рассмотрите плоды двух сортов яблони. Охарактеризуйте форму, окраску, размеры (длину, ширину) и запах плодов. Найдите остатки околоцветника цветка яблони и место бывшей цветоножки. Вспомните название части плода яблока, образующей мякоть.

2. Проведите сравнительный анализ плодов яблони разных сортов. Сделайте соответствующие записи. Зарисуйте плоды.

3. Разрежьте яблоки вдоль плода. Рассмотрите мякоть и семенное гнездо. Отметьте толщину кожицы, окраску и сочность, аромат мякоти, наличие семян и их количество. Запишите результаты сравнительного анализа продольных срезов плодов у разных сортов яблони.

4. Сравните семена плодов разных сортов яблони (форму, окраску, размер). Зарисуйте семена. Рассмотрите внутреннее строение семян. Отметьте, к какому классу растений относится яблоня. Рассмотрите под лупой зародыш семени, зарисуйте его. Укажите тип зародышевого побега у яблони.

5. Такую же работу проведите по изучению разных сортов сеньполи (узамбарской фиалки). Но сравнение проводите только по особенностям цветков и листьев этих растений.

Сделайте вывод о роли человека в создании биоразнообразия культурных растений.

Лабораторная работа № 9 (к § 70 учебника)

Выявление ароморфозов и идиоадаптаций у организмов

Цель работы: показать на конкретных примерах основные эволюционные направления выработки у организмов приспособлений к среде обитания.

Оборудование: комнатные растения отделов Папоротниковидные и Цветковые (Покрытосеменные), например нефролепис, бегония, или гербарий (папоротник со спорами и растение с цветками и плодами), коллекции насекомых (например, жуков), рисунок учебника 70, таблица «Схема развития папоротника», ручная лупа, лист белой бумаги, справочники-определители комнатных растений, школьные определители растений и насекомых.

Задание 1. Выявление ароморфозов на примере растений

Ход работы

1. Рассмотрите внимательно гербарий папоротниковидного растения (например, папоротник, или щитовник мужской). Опишите его корневую

систему, корневище, листья (вайи), их число, размеры и форму. Отметьте, как происходит рост листа.

2. Найдите на листе папоротника сегменты листа с сорусами. Сосчитайте их количество на сегменте и в целом на одном листе. Рассмотрите сорусы с помощью лупы. Препаровальной иглой раскройте один из сорусов и высыпьте из него споры на лист белой бумаги. Отметьте размеры спор, их количество в сорусах, общее среднее количество спор у одного экземпляра папоротника.

3. Охарактеризуйте значение спор для растения. С помощью таблицы «Схема развития папоротника» определите, какую роль играют споры в размножении и развитии папоротниковидного растения путём чередования бесполого и полового поколений.

4. Рассмотрите гербарий цветкового растения (например, пастушьей сумки, сурепки, дикой редьки). Опишите его корневую систему, побег с листьями, их размеры и количество, цветки и плоды на побеге. Вспомните, каким образом происходит размножение данного растения. Сосчитайте среднее количество плодов.

5. Препаровальной иглой раскройте один плод растения, сосчитайте количество семян в нём. Пользуясь лупой, рассмотрите внешний вид семян, их форму, размеры. Определите среднее количество семян, образующихся на одном растении. Вспомните особенности строения семян у цветковых растений и охарактеризуйте значение семян.

6. Сравните способы размножения и развития у папоротниковидных и цветковых растений. Укажите преимущества размножения цветковых растений как приспособление более высокого уровня, сформировавшееся в новых условиях внешней среды. Назовите факторы внешней среды, способствовавшие возникновению более высокой ступени развития растений (цветковых по сравнению с папоротниковидными).

Примечание: данную работу можно выполнить на примере живых комнатных растений, например нефролеписа и бегонии.

Сделайте общий вывод о значении ароморфозов в эволюции живого мира.

Задание 2. Выявление идиоадаптации на примере цветковых растений

Ход работы

1. Рассмотрите рисунок 70 «Жизненные формы растений». Распределите изображённые формы растений по их местам обитания: лес, луг, степь. Отметьте приспособления, имеющиеся у растений, обеспечивающие им возможность существовать в местах обитания. Изобразите в виде схемы результаты распределения жизненных форм растений. Схема может иметь вид трёхлучевой звезды.

2. Используя рисунок 70, постройте многолучевую (радиационную) схему, отображающую многообразие форм размножения цветковых растений.

Дайте характеристику морфологических признаков изображённых растений, которые вы использовали при определении их способов размножения.

3. Постройте радиационную схему разнообразных способов распространения семян у цветковых растений в природе.

Примечание: такую же схему можно построить применительно к способам опыления у различных цветковых растений.

Сделайте общий вывод о роли идиоадаптации в эволюции растений.

Задание 3. Выявление идиоадаптации на примере насекомых

Ход работы

1. Рассмотрите в коллекции насекомых леса (или сада) разнообразные семейства из отрядов Жуки или Жесткокрылые. Пользуясь справочником, найдите жуков, которые питаются листьями растений (семейство Листоеды), пыльцой цветков (бронзовка из семейства Пластинчатоусые), семенами и плодами (семейство Долгоносики), древесиной растений (семейство Дровосеки), корой древесных растений (семейство Короеды), гниющей древесиной (семейство Рогачи), падалью (семейство Мертвоеды) или хищников (семейство Жужелицы и семейство Божьи коровки).

2. Определите, что послужило причиной такого приспособительного разнообразия семейств в отряде жуков.

3. Создайте схему, отображающую идиоадаптацию жуков.

Сделайте вывод об идиоадаптации как особом направлении эволюции органического мира.

Оглавление

Предисловие	3
Раздел I. Введение в курс биологии для 10–11 классов	
Глава 1. Биология как наука и её прикладное значение	
§ 1. Биология и её связи с другими науками	4
§ 2. Биологическое разнообразие как проблема науки биологии	8
§ 3. Осознание ценности изучения биологических видов	12
§ 4. Практическая биология и её значение	17
Глава 2. Общие биологические явления и методы их исследования	
§ 5. Основные свойства жизни	24
§ 6. Определение понятия «жизнь»	28
§ 7. Общие свойства живых систем — биосистем	32
§ 8. Структурные уровни организации жизни	35
§ 9. Методы биологических исследований	42
§ 10. Определение видов растений и животных	45
Раздел II. Биосферный уровень организации жизни	
Глава 3. Учение о биосфере	
§ 11. Функциональная структура биосферы	51
§ 12. Учение В.И. Вернадского о биосфере	56
§ 13. Функции живого вещества в биосфере.	61
Глава 4. Происхождение живого вещества	
§ 14. Гипотезы происхождения живого вещества на Земле	67
§ 15. Современные гипотезы возникновения жизни	71
§ 16. Предыстория происхождения живого на Земле	77
§ 17. Физико-химическая эволюция планеты Земля	81
§ 18. Этапы возникновения жизни на Земле	86
§ 19. Биологическая эволюция в развитии биосферы	91
§ 20. Хронология развития жизни на Земле	95
Глава 5. Биосфера как глобальная биосистема	
§ 21. Биосфера как глобальная биосистема и экосистема	103
§ 22. Круговорот веществ в биосфере	107
§ 23. Примеры круговорота веществ в биосфере	111
§ 24. Механизмы устойчивости биосферы	117

Глава 6. Условия жизни в биосфере

§ 25. Условия жизни на Земле	123
§ 26. Экологические факторы и их значение	129
§ 27. Человек как житель биосферы	133
§ 28. Особенности биосферного уровня живой материи и его роль в обеспечении жизни на Земле	136
§ 29. Взаимоотношения человека и природы как фактор развития биосферы	139

Раздел III. Биогеоценотический уровень организации жизни

Глава 7. Природное сообщество как биогеоценоз и экосистема

§ 30. Биогеоценоз как биосистема и экосистема	144
§ 31. Концепция экосистемы	149
§ 32. Природное сообщество в концепции биогеоценоза	153
§ 33. Другие характеристики биогеоценоза	158
§ 34. Трофическая структура биогеоценоза (экосистемы)	161
§ 35. Экологические пирамиды чисел	167
§ 36. Строение биогеоценоза (экосистемы)	171
§ 37. Экологические ниши в биогеоценозе	177
§ 38. Совместная жизнь видов в биогеоценозах	182
§ 39. Приспособления организмов к совместной жизни в биогеоценозах	188
§ 40. Условия устойчивости биогеоценозов	193
§ 41. Зарождение и смена биогеоценозов	197
§ 42. Суточные и сезонные изменения биогеоценозов	202
§ 43. Биогеоценоз как особый уровень организации жизни ...	205

Глава 8. Многообразие биогеоценозов и их значение

§ 44. Многообразие биогеоценозов (экосистем)	211
§ 45. Многообразие биогеоценозов суши	215
§ 46. Искусственные биогеоценозы – агробиогенозы	219
§ 47. Сохранение разнообразия биогеоценозов	223
§ 48. Природопользование в истории человечества	228
§ 49. Экологические законы природопользования	232

Раздел IV. Популяционно-видовой уровень жизни

Глава 9. Вид и видообразование

§ 50. Вид, его критерии и структура	238
§ 51. Популяция как форма существования вида	243

§ 52.	Популяция — структурная единица вида	246
§ 53.	Популяция как структурный компонент биогеоценоза ...	251
§ 54.	Популяция как основная единица эволюции	257
§ 55.	Микроэволюция и факторы эволюции	261
§ 56.	Движущий и направляющий фактор эволюции	265
§ 57.	Формы естественного отбора	268
§ 58.	Искусственный отбор и его роль в увеличении биологического разнообразия на Земле	272
§ 59.	Видообразование — процесс возникновения новых видов на Земле	277

Глава 10. Происхождение и этапы эволюции человека

§ 60.	Происхождение человека	284
§ 61.	История становления вида <i>Homo sapiens</i>	288
§ 62.	Особенности эволюции человека	295
§ 63.	Человек как уникальный вид живой природы	299
§ 64.	Расы и гипотезы их происхождения	304
§ 65.	Палеолитические находки на территории России	310

Глава 11. Учение об эволюции и его значение

§ 66.	История развития эволюционных идей	318
§ 67.	Эволюционная теория Ч. Дарвина и её значение	323
§ 68.	Современное учение об эволюции	326
§ 69.	Доказательства эволюции живой природы	330
§ 70.	Основные направления эволюции	334
§ 71.	Основные закономерности и результаты эволюции	339
§ 72.	Система живых организмов как результат процесса эволюции на Земле	343
§ 73.	Новая система органического мира	347
§ 74.	Особенности популяционно-видового уровня жизни	351

Глава 12. Сохранение биоразнообразия — насущная задача человечества

§ 75.	Значение изучения популяций и видов	357
§ 76.	Генофонд и охрана видов	360
§ 77.	Проблема утраты биологического разнообразия	364
§ 78.	Всемирная стратегия охраны природных видов	367
	Словарь основных понятий	374
	Приложение. Лабораторные работы	381